

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 10 月 6 日 (06.10.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/093410 A1

(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01N 33/493, 21/21,  
30/00, 30/26, 30/48, 30/50, 30/74, 30/88

〒1888511 東京都西東京市田無町六丁目 1 番 1 2 号  
Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/006564

(22) 国際出願日: 2005 年 3 月 29 日 (29.03.2005)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願2004-094194 2004 年 3 月 29 日 (29.03.2004) JP

特願2004-276282 2004 年 9 月 24 日 (24.09.2004) JP

特願2004-278936 2004 年 9 月 27 日 (27.09.2004) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シチズン  
時計株式会社 (CITIZEN WATCH CO., LTD.) [JP/JP];

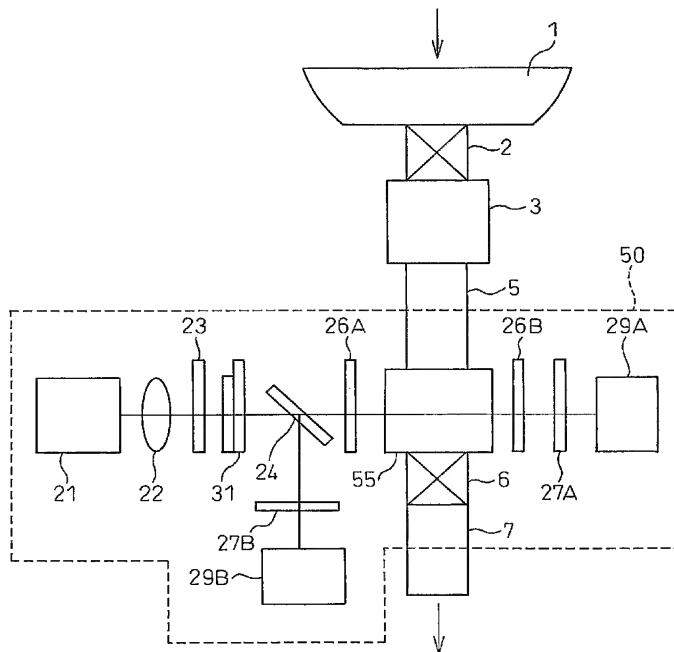
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 矢野 敬和 (YANO,  
Takakazu) [JP/JP]; 〒1888511 東京都西東京市田無町六  
丁目 1 番 1 2 号 シチズン時計株式会社内 Tokyo (JP).  
松本 健志 (MATSUMOTO, Kenji) [JP/JP]; 〒1888511  
東京都西東京市田無町六丁目 1 番 1 2 号 シチズ  
ン時計株式会社内 Tokyo (JP). 福田 匡広 (FUKUDA,  
Tadahiro) [JP/JP]; 〒1888511 東京都西東京市田無町六  
丁目 1 番 1 2 号 シチズン時計株式会社内 Tokyo (JP).  
杉浦 美晴 (SUGIURA, Miharu) [JP/JP]; 〒1888511 東  
京都西東京市田無町六丁目 1 番 1 2 号 シチズン時  
計株式会社内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL MEASURING EQUIPMENT

(54) 発明の名称: 光学測定装置



(57) Abstract: Optical measuring equipment is provided for measuring concentration at a higher accuracy by providing an ion-exchange resin for pretreatment of a sample. The optical measuring equipment is provided with the ion-exchange resin and an optical measuring part which measures concentration of ingredients of the sample which has passed through the ion-exchange resin, based on the optical characteristics of the ingredients.

(57) 要約: 本発明は、試料の前処理のためにイオン交換樹脂を設け、より高精度な濃度を測定することを可能とする光学測定装置を提供することを目的とする。本発明に係る光学測定装置は、イオン交換樹脂と、イオン交

[続葉有]

WO 2005/093410 A1



(74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423  
東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 光学測定装置

## 技術分野

本発明は、旋光性物質の濃度を測定する光学測定装置に関し、特に、イオン交換樹脂で前処理された試料中の旋光性物質の濃度を、高精度に測定することができる光学測定装置に関するものである。

## 背景技術

従来、試料中の旋光性物質の濃度を測定する手段として、試料に光線を入射してその旋光度より濃度を求める方式が知られている。例えばグルコース濃度を測定する方法としては、GOD法などの酵素を用いた酵素法が知られている。GOD法では、電極を試料に接触させる必要がある事、及び測定原理上、測定回数に限度がある事から、一定期間ごとのメンテナンス、装置の一部の交換、緩衝液の追加などの処置を行う必要がある。

これに対して、光線を用いる旋光度測定方式では、直接試料に触れることなく測定することが可能であるため、比較的長い期間、特にメンテナンス等を必要とせず測定が可能である。ここで、その期間は、光源の寿命及び試料セルの汚れなどに依存する。

また、旋光度などを用いる光学的な方式では測定に際して、被験者が尿などの試料に触れる危険性もなく、無自覚で測定可能という利点もある。

旋光度より試料中の旋光性物質の濃度を求める方法の原理は、以下の式（１）に基づく。

$$\theta(\lambda) = \alpha(\lambda) \cdot c \cdot L \quad (1)$$

ここで、 $\theta(\lambda)$  は光線の波長を $\lambda$ としたときの旋光度、 $\alpha(\lambda)$  は光線の波長を $\lambda$ としたときの旋光性物質の比旋光度、 $c$  は試料中における旋光性物質の濃度、 $L$  は試料の光路長である。式1において、比旋光度 $\alpha(\lambda)$  は旋光性物質固有の係数であるので、(光線の波長 $\lambda$ や温度によって変化する値ではあるが) 濃度測定前に既知の値である。また、試料の光路長 $L$  も同様に濃度測定前に既知の値である。従って、試料に光線を入射したときの旋光度 $\theta(\lambda)$  を測定することにより、旋光性物質の濃度 $c$ を求めることができる。

また、旋光度は、直線偏光を試料に入射させ、試料を通過した光線を検光子へ入射させ、検光子を透過した光線をフォトダイオードなどの受光素子に入射し、光電変換によって得られた信号を用いて求める。

すなわち、偏光子の透過軸に対する検光子の透過軸の傾きを $\phi$ とし、試料の旋光度を $\beta$ とすると、受光素子で受光する光強度 $I$ は、以下の式(2)に基づいて求めることができる。

$$I = T \times I_0 \cdot c \cdot \cos^2(\phi - \beta) \quad (2)$$

ここで、 $T$  は試料、偏光子及び検光子の反射や吸収による減衰の全てを考慮した透過率を表し、 $I_0$  は入射光の強度を表す。式2から理解できるように、光強度 $I$  は、 $\phi$  が変化することによって変化し、回転角度 $\pi$  (rad) 毎に極小点が得られる。よって、 $\phi$  を変化させたときの光強度 $I$  を測定することによって、試料の旋光度 $\beta$  を求めることができる。

ここで、 $\phi$  を変化させる方法としては、偏光子又は検光子を回転させる方法が考えられる。しかしながら、偏光子又は検光子を回転させる方法では、機械的動作が必要となってしまうため、装置が比較的大型になるという問題があった。そこで、旋光子としてファラデー素子(例えば、特許文献1参照。)や液晶素子を用い、電氣的

に偏光面を変調する方法がある。

直線光を旋光させるために液晶素子を使用した例としては、液晶素子と $\lambda/4$ 板を組み合わせたセナーモント旋光器がある。また、可変電圧印加可能な3つの液晶素子を光照射方向に対して直列に配置させ、より自由度の高い光変調を可能とした装置がある（例えば、特許文献2参照。）。さらに、従来の機械的な動作部を無くし、液晶素子の光学特性を用いた光学測定装置がある（例えば、特許文献4参照。）。さらに、液晶素子による位相変調を周期的に行うことにより高精度で安定した測定が可能な装置もある（例えば、特許文献3参照。）。

また、試料として尿を考えた場合でも、その旋光性を測定することにより、尿成分の検出を行うことが開示されている（例えば、特許文献1参照。）。

図25は、上記の光学系を示している。

図25において、レーザダイオードなどの光源21より出射された光線はコリメートレンズ22でコリメートされて平行光となり、偏光子23により垂直方向に振動する直線偏光となる。偏光子23を透過した直線偏光は、液晶素子31により垂直に対して+45度方向又は-45度方向の偏光成分が位相変調される。液晶素子31では、液晶分子の長軸が+45度方向又は-45度方向に揃っている（ホモジニアス配向）。液晶素子31を透過した透過光は、楕円偏光となり、その楕円率は液晶素子31へ印加される電圧によって変化する。

液晶素子31を透過した透過光は、ビームスプリッタ24により反射光と直進光に分岐される。直進光は垂直軸方向に軸を持つ $\lambda/4$ 板26Aに入射し、直線偏光となる。この時、直線偏光の偏光方向は、液晶素子31を透過した光線の楕円率に依存するため、液晶

素子 3 1 に印加した電圧によって変化する。従って、液晶素子 3 1 によって直線偏光の偏光方向の変調が可能となる。偏光方向が変調した直線偏光が、被検試料に入射すると、試料の旋光度に応じて未知の変位量だけ旋光する。試料を透過した光線は、 $\lambda/4$ 板 2 6 B に入射し、再び楕円偏光に変換され、検光子 2 7 A に入射する。この時、検光子 2 7 A は、光線の内、検光子 2 7 A の透過軸方向の成分のみを透過する。検光子 2 7 A を透過した透過光は、受光素子 2 9 A に入射し、受光素子 2 9 A において電気信号に変換される。

ビームスプリッタ 2 4 で分岐された反射光は、試料を透過せず、検光子 2 7 B に入射する。検光子 2 7 B を透過した透過光は、受光素子 2 9 B に入射し、受光素子 2 9 B において電気信号に変換される。

受光素子 2 9 A からの信号と受光素子 2 9 B からの信号との差は、検光子 2 7 A に入射する前の楕円偏光と検光子 2 7 B に入射する前の楕円偏光との差異分（即ち、試料を透過する際の旋光度分）に相当する。従って、受光素子 2 9 A からの信号と受光素子 2 9 B からの信号との差から試料の旋光度を測定することができ、試料の旋光度から試料の濃度を検出することができる。

上記の方法により旋光度を求めることは可能だが、実際の測定試料は、目的とする旋光性成分以外の旋光性成分が混在することが多い。例えば尿糖（尿中のグルコース）測定の場合は、尿中にビタミン C（比旋光度  $23^\circ$ ）がサプリメントの摂取などにより排泄されることがある。グルコースの分子量（180）とビタミン C の分子量（176）は似通っていることから、分子の大きさで分離するのは困難である。

なお、尿成分の検査方法として、試験紙を用いる方法が一般的に行われている。これは、検査項目に応じた試薬を塗布された試験紙

を用い、紙コップ等に尿を採り、これに試験紙を浸し、化学反応による試薬の色の变化から、尿成分の分析を行うものである。色の变化の検出としては、目視によるものと、光センサーによる検出方法がある。

さらに、尿糖の測定には、酵素電極法が用いられ、グルコースオキシダーゼ（GOD）により、尿中のグルコースが化学反応を起こし、その際に発生する電流を測定し、尿糖値を定量するものがある。

特許文献 1：特開平 9－1 4 5 6 0 5 号公報（図 1）

特許文献 2：特開平 7－2 1 8 8 8 9 号公報（図 3）

特許文献 3：特開 2 0 0 2－2 7 7 3 8 7 号公報（図 3）

特許文献 4：特開 2 0 0 1－3 5 6 0 8 9（図 3）

#### 発明の開示

そこで、本発明は、従来技術による問題点を解消することを可能とする光学測定装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、試料の前処理のためにイオン交換樹脂を設け、より高精度な濃度を測定することを可能とする光学測定装置を提供することを目的とする。

本発明に係る光学測定装置は、イオン交換樹脂と、イオン交換樹脂を通過した試料の成分濃度を成分の光学特性に基づいて測定するための光学測定部と、を有することを特徴とする。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、イオン交換樹脂を再生又は洗浄させるための再生部を有することが好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、再生部はアルカリイオン水によってイオン交換樹脂を再生することが好ましく、水道水からアルカリイオン水を生成するためのアルカリイオン水生成部を有することがさらに好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、再生部は酸性水によってイオン交換樹脂を再生することが好ましく、水道水から酸性水を生成するための酸性水生成部を有することがさらに好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、再生部は、水道水によってイオン交換樹脂を洗浄することが好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、イオン交換樹脂は、交換可能に取りつけられており、弱塩基性イオン交換樹脂であることが好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、合成吸着剤を有し、光学測定部は、合成吸着剤及びイオン交換樹脂を通過した試料の測定を行うことが好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、イオン交換樹脂は、透明な窓部を有するカラム内に充填されていることが好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、イオン交換樹脂の色を検出するための検出部を有することが好ましい。

本発明に係る光学測定装置は、イオン交換樹脂と、イオン交換樹脂を通過した試料を一時的に保持するための保持セルと、イオン交換樹脂を通過した試料を光学測定のために保持する測定容器と、測定容器内の試料の成分濃度を前記成分の光学特性に基づいて測定するための光学測定部と、試料が通過した後の前記イオン交換樹脂の色を検出するための検出部と、保持セルに保持された試料を再度イオン交換樹脂を通過させるために送液する第1の送液手段と、保持セルに保持された試料を測定容器に送液するための第2の送液手段とを有することを特徴とする。

本発明に係る光学測定装置は、第1のイオン交換樹脂と、第1のイオン交換樹脂を通過した試料を一時的に保持するための第1の保持セルと、第2のイオン交換樹脂と、第2のイオン交換樹脂を通過

した試料を一時的に保持するための第2の保持セルと、第1又は、第1及び第2のイオン交換樹脂を通過した試料を光学測定のために保持する測定容器と、測定容器内の試料の成分濃度を成分の光学特性に基づいて測定するための光学測定部と、試料が通過した後の前記第1及び第2のイオン交換樹脂の色を検出するための検出部と、第1の保持セルに保持された試料を第2のイオン交換樹脂を通過させるために送液する第1の送液手段と、第1の保持セルに保持された試料を測定容器に送液するための第2の送液手段と、第2の保持セルに保持された試料を測定容器に送液するための第3の送液手段とを有することを特徴とする。

本発明に係る光学測定装置は、イオン交換樹脂と、イオン交換樹脂を通過した試料に含まれる旋光性物質の濃度を旋光性物質の光学特性に基づいて測定するための光学測定部と、光学測定部の測定結果を連続的に監視する制御部とを有することを特徴とする。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、制御部は、測定結果が定常状態になった場合に、定常状態時の測定結果を用いて旋光性物質の濃度を求めることが好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、制御部は、測定結果の監視に基づいて、イオン交換樹脂の交換能が飽和していること判別することが好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、試料は尿であり、旋光性物質は尿糖であることが好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、イオン交換樹脂が、陰イオン交換樹脂、混床イオン交換樹脂、又は陽イオン交換樹脂であることが好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、イオン交換樹脂を再生液によって再生させるための再生部を有し、制御部は、測定結果の

監視に基づいて、イオン交換樹脂の再生液による再生状態を判別することが好ましい。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、制御部は、再生液の量を制御することが好ましい。

本発明に係る光学測定装置は、便座又は便器に設けられていることを特徴とする。

本発明による光学測定装置は、光特性によって溶液の成分濃度を測定し、イオン交換樹脂を備え、溶液はイオン交換樹脂を通過した後、光学系によって溶液の成分濃度が測定されることを特徴とする。

さらには、光学測定装置はイオン交換樹脂がアルカリイオン水によって再生されればメンテナンスフリーとなり、より効果的である。特に、イオン交換樹脂が、弱塩基性イオン交換樹脂である場合は応用範囲が広い。対象液体が尿であり、便座または便器に設けられれば特にその効果は大きい。

イオン交換樹脂が交換可能であれば使用後に交換することができる。また、イオン交換樹脂を再生するための再生液が便座または便器に設けられており、アルカリイオン水を発生する装置又は酸性水を発生する装置が便座または便器に設けられていれば、イオン交換樹脂を再生できるので、トイレ内でスムーズに使用できる。イオン交換樹脂を水道水で洗浄し、その後、アルカリイオン水で再生すれば、長期にわたりその機能を使用できる。同様に、イオン交換樹脂を水道水で洗浄した後、酸性水で再生すれば、長期にわたりその機能を使用できる。

試料中の旋光性物質による旋光度を測定することにより試料中の旋光性物質の濃度を測定する光学測定装置において、例えば尿糖測定の場合は、サプリメントの摂取などにより排泄される尿中のビタ

ミンCを除去するために弱塩基性陰イオン交換樹脂を通過させた後に光学測定を行う。弱塩基性陰イオン交換樹脂には、還元性の強いビタミンCは選択的に樹脂に吸着されるが、グルコースは吸着されないことから、弱塩基性陰イオン交換樹脂を通過させるとビタミンCが除去された尿糖測定が行える。

また、OH型の弱塩基性陰イオン交換樹脂の再生のために、再生液は用いずに水道水から整水器によって生成されるアルカリイオン水を利用する。すなわち、家庭や職場等のどこにでも配備されている水道水を利用することにより再生液が不要となる。このことは特に便座や便器に、本発明に係る光学測定装置が設けられた場合において、補充液が不要となるのでメンテナンスの上で効果大である。さらには、H型の弱酸性陽イオン交換樹脂に対する再生液としては水道水から整水器によって生成される酸性水を利用する。

本発明に係る光学測定装置では、試料をイオン交換樹脂を通過させた後に旋光度測定することにより、目的の成分以外の旋光性成分を取り除くことができるので、高精度の光学測定が可能となる。

また、本発明に係る光学測定装置では、弱塩基性陰イオン交換樹脂及び弱酸性陽イオン交換樹脂の再生のために、予め用意された再生液を用いるのではなく、水道水から整水器によって生成されるアルカリイオン水又は酸性水を利用するので、準メンテナンスフリーとなる。このことは、水周りに近い便座や便器に本発明に係る光学測定装置が設けられた場合において特に有効である。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、試料中のイオンが除去されることにより、試料保持部の汚れが軽減され、光透過量が失われることが少なく、洗浄の軽減化にもつながる。

本発明に係る光学測定装置では、試料中の測定対象物質の旋光度測定を妨げる妨害物質をイオン交換樹脂によって除去する手段を

有し、イオン交換樹脂を通過した試料の旋光度を連続的に監視する監視手段を備えられていることを特徴とする。

また、監視手段によって監視される旋光度が一定の状態になったことを感知する感知手段を有し、監視される旋光度が定常状態になったことを感知手段が感知してから試料中の測定対象物質の濃度を測定することが好ましい。

また、監視手段によって監視される旋光度からイオン交換樹脂の交換能が飽和していることを感知手段が感知することが好ましい。

また、イオン交換樹脂の交換能が飽和していることを感知手段が感知したのちに、監視される旋光度が定常状態になったことを感知手段が感知してから試料中に含まれる旋光性物質の濃度を測定することが好ましい。

また、本発明の光学測定装置における試料は尿であり、測定対象物質が尿糖である場合により有用である。

また、イオン交換樹脂が、陰イオン交換樹脂、混床イオン交換樹脂、又は陽イオン交換樹脂であることが好ましい。

また、監視手段により、測定に必要な試料量をフィードバック制御によって管理することが好ましい。

また、本発明の光学測定装置における連続測定により、イオン交換樹脂の再生終了をフィードバック制御によって管理することが好ましい。

尿の旋光度を測定することにより尿糖値を測定する光学測定装置において、尿糖以外の旋光性物質の除去にイオン交換樹脂は有用である。しかし、イオン交換樹脂を湿潤させている保存液によって試料である尿が希釈されることを原因とする精度低下を防ぐ必要がある。そこで、イオン交換樹脂を通過した試料の旋光度を連続的に監視する監視手段を備え付けることで常に旋光度変化を監視し、定常

状態の旋光度を感知した後に濃度測定を行うことにより、高精度の尿糖濃度測定が可能となる。

本発明に係る光学測定装置では、イオン交換樹脂を備え、旋光度監視手段及び感知手段を付加することにより、精度良く濃度測定ができる。

また、本発明に係る光学測定装置では、連続的監視手段及び旋光度測定により、試料のイオン交換前の旋光度も測定できるため、イオン交換後の旋光度からイオン交換前の旋光度を減算することで、尿糖以外の旋光性物質の旋光度測定を行うことも可能となる。

また、本発明に係る光学測定装置では、連続的な監視手段によって、測定に必要な試料量の制御管理を行うことが可能となる。

また、本発明に係る光学測定装置では、連続的な監視手段によって、イオン交換樹脂の再生終了を制御管理することが可能となる。

本発明に係る光学測定装置は、イオン交換膜からなる隔膜により複数の領域に分割し、領域にイオン交換樹脂を充填し、領域内部に電極を有し、電圧を印加するイオン除去手段と、イオン除去手段を通過した試料の旋光度を測定する旋光度測定手段とを備えることを特徴とする。

また、本発明に係る光学測定装置では、イオン交換樹脂が、陰イオン交換樹脂と陽イオン交換樹脂の混床からなることが好ましい。

また、本発明に係る光学測定装置では、イオン交換膜からなる隔膜により仕切られる試料室と廃液室を有し、試料室、または試料室及び廃液室の両方にイオン交換樹脂を充填し、試料室、または廃液室に電極を有し、電圧を印加するイオン除去手段と、イオン除去手段を通過した試料の旋光度を測定する旋光度測定手段とを備えることを特徴とする。

また、本発明に係る光学測定装置では、隔膜に陰イオン交換膜を

用い、試料室に陰極及び陰イオン交換樹脂を有することが好ましい。

また、本発明に係る光学測定装置では、隔膜に陽イオン交換膜を用い、試料室に陽極及び陽イオン交換樹脂を有することが好ましい。

また、本発明に係る光学測定装置では、電極と試料室と廃液室の断面形状が、同心円状となっていることが好ましい。

また、本発明に係る光学測定装置では、陰イオン交換樹脂を充填するイオン除去部と、陽イオン交換樹脂を充填するイオン除去部からなるイオン除去手段を備え、試料が2つのイオン除去部を直列に通過することが好ましい。

また、本発明に係る光学測定装置では、試料中の妨害物質を廃棄する液体と旋光度測定手段の温調を行う液体を兼用し、2つの液体間で熱交換を行い、試料の温度を旋光度測定手段の温度と一致させることが好ましい。

また、本発明に係る光学測定装置では、試料中のイオン化した妨害物質をイオン除去手段により除去し、イオン除去手段を通過した試料の旋光度を測定することにより、所望の物質の濃度を測定することができる。例えば、尿を試料として考えた場合、尿中のアミノ酸を除去し、尿糖の定量を行うことができる。

また、本発明に係る光学測定装置では、イオン除去手段に充填するイオン交換樹脂として、陰イオン交換樹脂と陽イオン交換樹脂の混床を用いた場合、イオンの正負に関わらず、イオンの除去が可能である。

また、また、本発明に係る光学測定装置では、イオン除去手段に電極を設け、電圧を印加すると、陰極では、還元反応が起こり、陽極では、酸化反応が生じる。電極材質や試料中に溶解しているイオ

ン種類にもよるが、白金電極を用い、溶液中に  $\text{Cl}^-$  イオンがない場合、陰極では、 $\text{H}^+$  イオンが還元され、 $\text{H}_2$  となり、陽極では、 $\text{OH}^-$  イオンが酸化され、 $\text{O}_2$  が発生する。この結果、陰極では、アルカリ性、陽極では酸性に  $\text{pH}$  が傾き、 $\text{pH}$  の調節が可能であり、両性イオンである各種アミノ酸をイオン化することができる。

例えば、イオン除去手段を隔膜で2つの領域に分割し、各々の領域にそれぞれ、陰極と陽極を設け、陰極側には、陰イオン交換樹脂を、陽極側には陽イオン交換樹脂を充填しておけば、電圧を印加し、陰極側がアルカリ性に  $\text{pH}$  が傾くと、両性イオンであるアミノ酸は、陰イオン化し、陰イオン交換樹脂により吸着することができる。また、陽極側では、酸性に  $\text{pH}$  が傾き、アミノ酸は陽イオン化し、陽イオン交換樹脂により吸着することができる。

さらに、本発明に係る光学測定装置では、電界印加により、吸着されたイオンが移動し、隔膜を通してイオンの排出を行うことができ、イオン交換樹脂の再生を行うことができる。また、隔膜としてイオン交換膜を用いれば、排出するイオンと極性が逆のイオンの侵入を防ぐことができ、且つイオン交換樹脂の再生も行い、連続的な妨害物質の除去が可能となる。

このように、本発明に係る光学測定装置では、電界を印加することにより、 $\text{pH}$  を調節し、妨害物質をイオン化し、イオン交換樹脂で吸着・除去するとともに、イオン交換樹脂の再生も行い、連続的な妨害物質の除去が可能となる。

また、本発明に係る光学測定装置では、イオン交換樹脂に吸着されたイオンを排出する廃液と、旋光度を測定するセンサー部を温調する温調液を兼用し、試料と廃液間で熱交換を行い、同一の温度にする場合、試料をセンサー部に導いたときの、温度変化が生じず、温度変化による旋光度の測定誤差を防ぐことができ、安定した高精

度の濃度測定が可能である。

このように、本発明に係る光学測定装置では、旋光度を測定するセンサー部に試料を導く前に、イオン除去手段を透過させてやることにより、妨害物質の除去が可能となり、所望の物質の濃度を測定することができる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 3 は、本発明の第 3 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 4 は、本発明の第 4 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 5 は、本発明の第 5 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 6 は、本発明の第 6 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 7 は、経過時間と旋光度との関係を示すグラフである。

図 8 は、本発明の第 7 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 9 は、本発明の第 8 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 10 は、第 8 の実施形態に係る光学測定装置のイオン除去部の斜視図である。

図 11 は、第 8 の実施形態に係る光学測定装置のイオン除去部の

断面図である。

図 1 2 は、本発明の第 9 の実施形態に係る光学測定装置のイオン除去部の断面図である。

図 1 3 は、本発明の第 9 の実施形態に係る光学測定装置のイオン除去部の断面図である。

図 1 4 は、本発明の第 1 0 の実施形態に係る光学測定装置のイオン除去部の断面図である。

図 1 5 は、本発明の第 1 0 の実施形態に係る光学測定装置における電圧印加の効果を示すグラフである。

図 1 6 は、本発明の第 1 1 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 1 7 は、連続イオン交換 E D I の原理を説明する図である。

図 1 8 は、イオン交換樹脂カートリッジの一例を示す図である。

図 1 9 は、イオン交換樹脂カートリッジの他の例を示す図である。

図 2 0 は、イオン交換樹脂カートリッジ構造の一例を示す図である。

図 2 1 は、イオン交換樹脂カートリッジ構造の他の例を示す図である。

図 2 2 は、カラムを通過した試料のグルコース濃度を示す図である。

図 2 3 は、便座に光学測定装置を組み込んだ例を示す図である。

図 2 4 は、便器に光学測定装置を組み込んだ例を示す図である。

図 2 5 は、光学測定装置の概略構成を示す図である。

発明を実施するための好ましい形態

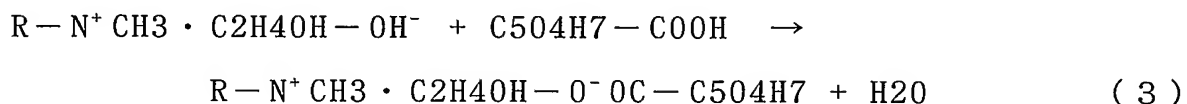
以下、図面を用いて本発明に係る光学測定装置について説明する

。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 1 において、採尿容器 1 は尿を採取するための容器であり、電磁弁 2 は採尿容器 1 とイオン交換樹脂部 3 の間に設けられ、尿を一定量以上通さないよう開閉する。イオン交換樹脂部 3 には、弱塩基性陰イオン交換樹脂（例えば三菱化学社製の WA20）が保持されており、脱着可能な構造となっている。導管 5 は、イオン交換樹脂部 3 と測定容器 5 5 の間をつないで尿を通す。電磁弁 6 は、測定容器 5 5 と導管 7 の間に設けられ、尿に測定後に開く。導管 7 は、測定し終わった尿を排出する。光学系 5 0 は旋光度測定するための装置であり、図 6 に示した光学系と同様な構成には同じ番号を付した。

尿が採尿容器 1 に溜まると、電磁弁 2 が開き、尿はイオン交換樹脂部 3 を通過する。このとき、尿中のグルコースは通り抜けるが、還元作用の強いビタミン C はイオン交換樹脂部 3 中の弱塩基性陰イオン交換樹脂に除去される。この時発生すると考えられる反応を以下の化学式（3）に示す。



ここで、R は高分子基体であるスチレンやジベニルベンゼン共重合体（DVB）を示す。

さらに、尿は導管 5 を通って測定容器 5 5 に溜まり、光学系 5 0 にて以下に示すような旋光度測定が行われる。

レーザダイオード 2 1 から出射した光束は、レンズ 2 2 でコリメートされ、平行光となる。平行光は、偏光子 2 3 により、垂直方向から 4 5° 傾斜した方向に振動する直線偏光になる。偏光子 2 3 を透過した透過光は、液晶素子 3 1 は、水平方向もしくは垂直方向に

液晶分子の長軸が揃ったホモジニアス配向の液晶素子である。液晶素子 3 1 では、電圧を印加することによって液晶分子が立ち、液晶分子の長軸方向の屈折率が変化するので、位相変調を行うことができる。

ここで、液晶素子 3 1 により、一方の偏光成分のみに位相変調を加えると、直交する偏光成分同士で干渉を生じさせることになる。

液晶素子 3 1 を透過した透過光は、ビームスプリッタ 2 4 により反射光と直進光に分岐される。直進光は垂直軸方向に軸を持つ  $\lambda/4$  板 2 6 A に入射し、直線偏光となる。この時、直線偏光の偏光方向は、液晶素子 3 1 を透過した光線の楕円率に依存するため、液晶素子 3 1 に印加した電圧によって変化する。従って、液晶素子 3 1 によって直線偏光の偏光方向の変調が可能となる。偏光方向が変調した直線偏光が、被検試料に入射すると、試料の旋光度に応じて未知の変位量だけ旋光する。試料を透過した光線は、 $\lambda/4$  板 2 6 B に入射し、再び楕円偏光に変換され、検光子 2 7 A に入射する。この時、検光子 2 7 A は、光線の内、検光子 2 7 A の透過軸方向の成分のみを透過する。検光子 2 7 A を透過した透過光は、受光素子 2 9 A に入射し、受光素子 2 9 A において電気信号に変換される。

ビームスプリッタ 2 4 で分岐された反射光は、試料を透過せず、検光子 2 7 B に入射する。検光子 2 7 B を透過した透過光は、受光素子 2 9 B に入射し、受光素子 2 9 B において電気信号に変換される。

受光素子 2 9 A からの信号と受光素子 2 9 B からの信号との差は、検光子 2 7 A に入射する前の楕円偏光と検光子 2 7 B に入射する前の楕円偏光との差異分（即ち、試料を透過する際の旋光度分）に相当する。従って、受光素子 2 9 A からの信号と受光素子 2 9 B からの信号との差から試料の旋光度を測定することができ、試料の旋

光度から試料の濃度を検出することができる。

この尿は、イオン交換樹脂部 3 を通過することにより、ビタミン C が除去されているため、この尿の旋光度はほぼグルコース濃度に依存する。測定が終了すると、第 2 の電磁弁 6 が開き、尿は導管 7 を通って排出される。

本実施形態では、尿中のビタミン C を除去した後に尿糖を光学測定することを説明した。しかしながら、本発明に係る光学測定装置を果実の糖分測定等に用いてもよく、測定対象を尿に限定するものではない。また、除去成分をビタミン C とし測定成分をグルコースとしたが、除去成分はビタミン C に限定されるものではなく、アミノ酸等を除去成分としても良い。さらに、イオン交換樹脂として弱塩基陰イオン交換樹脂を用いたが、それに限定されるものではなく、強塩基陰イオン交換樹脂、弱酸性陽イオン樹脂、強酸性陽イオン樹脂等を用いることができる。さらに、必要に応じてこれらのイオン交換樹脂を混在して用いてもよい。

本実施形態では、イオン交換樹脂部 3 に試料を通液させる方法を採用した。しかしながら、イオン交換樹脂を十分に機能させるために、試料とイオン交換樹脂とを攪拌等により反応させるバッチ方式を採用することもできる。

また、本実施形態では、イオン交換樹脂部 3 を通過した試料は、直接測定容器 5 5 へ送液された。しかしながら、イオン交換樹脂部 3 の入口又は出口付近に、グラスファイバーフィルタ等のデプスフィルタ又はメインブレンフィルタを設けることもできる。pH の変化やイオン交換樹脂との反応によって試料が濁ることがあるが、光学測定では濁りによる光散乱によって測定結果が変化することがある。そこで、デプスフィルタ又はメインブレンフィルタによって濁りを除去すれば、さらに測定精度を上げることができる。

図 2 は、本発明の第 2 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 2 において、採尿容器 1、電磁弁 2 及び光学系 50 は第 1 の実施形態に係る光学測定装置に関して説明した構成と同じ構成である。導管 8 は、水道管と電磁弁 4 の間に設けられ、水道水を通す。電磁弁 4 は、導管 8 と導管 70 の間に設けられ、開閉制御される。

尿が採尿容器 1 に溜まると、電磁弁 2 が開き、尿はイオン交換樹脂部 3 を通過する。第 1 の実施形態の場合と同様に、尿中のビタミン C はイオン交換樹脂部 3 で除去される。その後、尿は、導管 70 を通って測定容器 55 に溜まり、光学系 50 によって旋光度が測定される。測定終了後、電磁弁 6 が開き、測定された尿が排出される。

その後、電磁弁 6 が閉められ且つ電磁弁 2 が開いた状態で、電磁弁 4 を開く。すると、水道水によって、測定容器 55、導管 70、イオン交換樹脂部 3、電磁弁 2 及び採尿容器 1 が洗浄される。特にイオン交換樹脂部 3 では、イオン交換樹脂部 3 に試料が入る方向と逆の方向から、洗浄のための水道水がイオン交換樹脂部 3 に入るのので（逆洗浄）、効果的に洗浄が行われる。

洗浄終了後、電磁弁 4 を閉め且つ電磁弁 6 を開き、導管 7 を通して測定容器 55、導管 70、イオン交換樹脂部 3、電磁弁 2 及び採尿容器 1 に溜まった水道水を排出する。

以上の構造と操作により効率の高い洗浄が可能となる。本実施形態では、水道水を用いたが、純水や特別な洗浄液を用いることもできる。

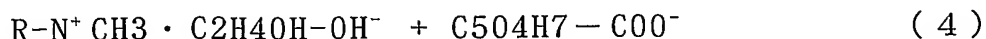
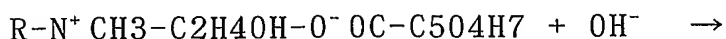
図 3 は、本発明の第 3 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 3 において、採尿容器 1、電磁弁 2 及び光学系 50 は第 1 の実

施形態に係る光学測定装置に関して説明した構成と同じ構成である。導管 14 は、水道管と整水器 11 の間に設けられ、水道水を整水器 11 に導く。整水器 11 は、水道水からアルカリイオン水と酸性水を生成する装置であり、電磁弁 13 と導管 10 の間に設けられる。導管 12 は、整水器 11 が生成した酸性水を排出する。電磁弁 13 は、導管 14 と整水器 11 の間に設けられ、整水器 11 への水道水の流入を制御する。導管 10 は、整水器 11、電磁弁 13 及びイオン交換樹脂部 3 の間に設けられ、アルカリイオン水をイオン交換樹脂部 3 に導く。

尿が採尿容器 1 に溜まると、電磁弁 2 が開き、尿はイオン交換樹脂部 3 を通過する。第 1 の実施形態の場合と同様に、尿中のビタミン C はイオン交換樹脂部 3 でトラップされる。その後、尿は、導管 5 を通って測定容器 55 に溜まり、光学系 50 によって旋光度が測定される。測定終了後、電磁弁 6 が開き、測定された尿が排出される。

その後、電磁弁 13 が開くと、整水器 11 によってアルカリイオン水が生成され、導管 10 に送り込まれる。即ち、アルカリイオン水が、イオン交換樹脂部 3 に流入し、弱塩基性陰イオン交換樹脂とアルカリイオン水との間で  $\text{OH}^-$  イオンが交換されて、イオン交換樹脂部 3 が再生する。この時発生すると考えられる反応を以下の化学式 (4) に示す。



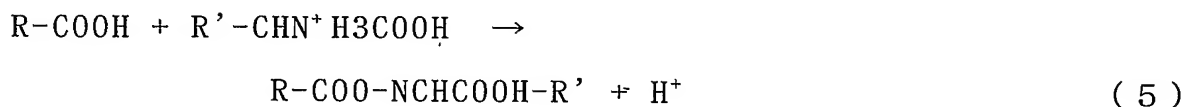
ここで、R は高分子基体であるスチレンやジベニルベンゼン共重合体 (DVB) を示す。

所定時間後、電磁弁 13 及び電磁弁 6 を閉める。

以上の構造と操作により水道水によるイオン交換樹脂の再生が可

能となる。

本実施形態では、水道水を用いたが、純水、浄水、又は特別な再生液を用いることもできる。ただし、本発明に係る光学測定装置を便座や便器に組み込む場合は、水道水の使用が可能であるので、水道水を使用した方が再生液の補充を必要としないので有利である。また、本実施形態では、弱塩基性陰イオン交換樹脂を用いたので、再生液としてアルカリイオン水を利用した。しかしながら、弱酸性陽イオン交換樹脂を用いた場合には、再生液として整水器 11 から生成される酸性水を利用し、 $H^+$ イオンとのイオン交換を行うことが好ましい。例えば、イオン交換樹脂による除去対象が、陽イオン化したアミノ酸 ( $R'-CHN^+H_3COOH$ ) の場合、酸性水との間で発生すると考えられる反応を以下の化学式 (5) に示す。



ここで、R は高分子基体であるスチレンやジベニルベンゼン共重合体 (DVB) を示し、R' は各アミノ酸特有の有機分子を示す。

さらに、本実施形態では、弱塩基性陰イオン交換樹脂だけでなく、強塩基性陰イオン交換樹脂を用いることもできる。

図 4 は、本発明の第 4 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 4 において、採尿容器 1、電磁弁 2 及び光学系 50 は第 1 の実施形態に係る光学測定装置に関して説明した構成と同じ構成である。導管 33 は、水道管と整水器 11 の間に設けられており、水道水を整水器 11 に導く。整水器 11 は、水道水からアルカリイオン水及び酸性水を生成する。

導管 51 は、整水器 11、電磁弁 34 及び電磁弁 57 の間に設けられ、整水器 11 から生成された酸性水を導く。導管 52 は、電磁

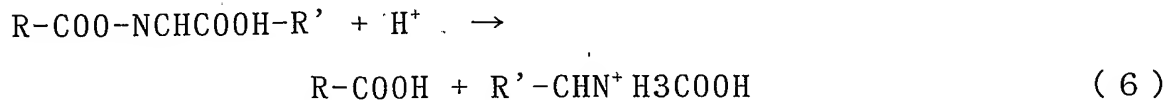
弁 3 4 に接続され、酸性水を排水する。導管 5 3 は、整水器 1 1、電磁弁 3 5 及び電磁弁 5 8 の間に設けられ、整水器 1 1 から生成されたアルカリイオン水を導く。導管 5 4 は、電磁弁 3 5 に接続され、アルカリイオン水を排水する。導管 5 6 は、電磁弁 5 7、電磁弁 5 8、電磁弁 2 及びイオン交換樹脂部 3 の間に設けられ、酸性水及びアルカリイオン水をイオン交換樹脂部 3 へ導き、イオン交換樹脂部 3 に保持される弱塩基陰イオン交換樹脂及び弱酸性陽イオン樹脂を再生する。イオン交換樹脂部 3 は、陰イオン成分及び陽イオン成分を共に除去するために、弱塩基陰イオン交換樹脂及び弱酸性陽イオン交換樹脂を保持している。

尿が採尿容器 1 に溜まると、電磁弁 2 が開き、尿はイオン交換樹脂部 3 を通過する。尿中のビタミン C はイオン交換樹脂部 3 の弱塩基性陰イオン交換樹脂によって除去され、尿中の塩基性アミノ酸はイオン交換樹脂部 3 の弱酸性陽イオン交換樹脂によって除去される。その後、尿は、導管 5 を通って測定容器 5 5 に溜まり、光学系 5 0 によって旋光度が測定される。測定終了後、電磁弁 6 が開き、測定された尿が排出される。

その後、電磁弁 6 を閉じ、電磁弁 5 8 を開き、電磁弁 5 7 を閉じ、及び電磁弁 3 4 を開いた状態で、整水器 1 1 によって生成するアルカリイオン水を導管 5 6 に流す。すなわち、アルカリイオン水をイオン交換樹脂部 3 に流すことにより、イオン交換樹脂部 3 内の弱塩基性陰イオン交換樹脂を再生させる。この時発生すると考えられる反応は前述した化学式 (4) の通りである。

次に、電磁弁 5 8 を閉じ、電磁弁 3 1 を開き、電磁弁 3 4 を閉じ、電磁弁 5 7 を開いた状態で、整水器 1 1 によって生成する酸性水を導管 5 6 に流す。すなわち、酸性水をイオン交換樹脂部 3 に流すことによりイオン交換樹脂部 3 内の弱酸性陽イオン交換樹脂を再生

させる。イオン交換樹脂部 3 によって除去される除去対象が陽イオン化したアミノ酸 ( $R'-CHN^+H_3COOH$ ) の場合、この時発生すると考えられる反応は以下の化学式 (6) の通りである。



ここで、R は高分子基体であるスチレンやジベニルベンゼン共重合体 (DVB) を示し、R' は各アミノ酸特有の有機分子を示す。

上述したように、本実施形態に係る光学測定装置によれば、水道水によって陽イオン交換樹脂及び陰イオン交換樹脂の両方の再生が可能である。また、本実施形態に係る光学測定装置は、酸とアルカリによるイオン交換樹脂のコンディショニングにも使用可能である。本実施形態に係る光学測定装置を便座や便器に組み込む場合には、水道水の使用が可能であるので、水道水を使用した方が再生液の補充を必要としない面で特に有利である。本実施形態では、弱塩基性陰イオン交換樹脂及び弱酸性イオン交換樹脂を用いたが、強塩基性陰イオン交換樹脂又は強酸性イオン交換樹脂を用いることもできる。

また、本実施形態では、陽イオン交換機能を保持した交換基と陰イオン交換機能を保持した交換基の両方を有する樹脂を用いることもできる。

さらに、本実施形態に係る光学測定装置では、イオン交換樹脂を再生させるような構成を有しているが、再生せずに、測定毎 (毎回又は所定回数毎) 又は所定期間毎に、樹脂容器を交換して利用することもできる。

図 5 は、本発明の第 5 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 5 において、採尿容器 1、電磁弁 2 及び光学系 50 は第 1 の実

施形態に係る光学測定装置に関して説明した構成と同じ構成である。導管 4 1 は、水道管、整水器 1 1 及び電磁弁 4 6 の間に設けられ、水道水を整水器 1 1 に導くと共にイオン交換樹脂部 3 の洗浄を行う。整水器 1 1 は、水道水からアルカリイオン水及び酸性水を生成する。

電磁弁 4 3 は、導管 4 1 と整水器 1 1 の間に設けられ、整水器 1 1 へ水道水を導く。導管 4 4 は、整水器 1 1 に接続され、酸性水を排水する。導管 4 5 は、整水器 1 1、電磁弁 2 及びイオン交換樹脂部 3 の間に設けられ、アルカリイオン水をイオン交換樹脂部 3 へ導き、イオン交換樹脂部 3 中に保持される弱塩基陰イオン交換樹脂を再生する。

尿が採尿容器 1 に溜まると、電磁弁 2 が開き、尿はイオン交換樹脂部 3 を通過する。第 1 の実施形態の場合と同様に、尿中のビタミン C はイオン交換樹脂部 3 で除去される。その後、尿は、導管 5 を通って測定容器 5 5 に溜まり、光学系 5 0 によって旋光度が測定される。測定終了後、電磁弁 6 が開き、測定された尿が導管 7 を通って排出される。

その後、電磁弁 4 6 が開き、水道水を導管 4 1 に流す。すなわち、水道水をイオン交換樹脂部 3 に流すことによりイオン交換樹脂部 3 内の弱塩基性陰イオン交換樹脂を洗浄する。さらに、電磁弁 4 6 を閉じて電磁弁 4 3 を開き、整水器 1 1 によって生成されたアルカリイオン水を導管 4 5 に流す。すなわち、アルカリイオン水をイオン交換樹脂部 3 に流すことによりイオン交換樹脂部 3 内の弱塩基性陰イオン交換樹脂を再生させる。

本実施形態に係る光学測定装置によれば、水道水によって洗浄と再生が可能である。本実施形態に係る光学測定装置を便座や便器に組み込む場合は、水道水の使用が可能であるので、水道水を使用し

た方が再生液の補充を必要としない面で特に有利である。本実施形態では、弱塩基性陰イオン交換樹脂を用いたが、弱酸性陽イオン交換樹脂、通常の塩基性陰イオン交換樹脂又は酸性陽イオン交換樹脂を用いることもできる。

また、イオン交換樹脂部 3 を再生させる装置として、純水装置に採用されている EDI (Electronic Deionization) 技術を使用することも可能である。

上述した第 1 ～ 第 5 の実施形態においては、旋光度測定装置の旋光素子として液晶素子を用いているが、これに限ることではなく、旋光度変調手段としてファラデー素子などを用いることもできる。その様な場合であって、上述した第 1 ～ 第 5 の実施形態と同様の効果が得られる。また、上述した第 1 ～ 第 5 の実施形態においては、光学系が旋光度を測定する場合について説明した。しかしながら、本発明に係る光学測定装置を、他の光学的な測定光学系（例えば、光吸収の測定）に適用し、イオン交換樹脂と共同して測定の阻害となる成分を除去することができる。

上述した第 1 ～ 第 5 の実施形態において、各バルブの制御は、不図示の PC や CPU 等から構成される制御部によって、予め定められたプログラムに従って制御されることが好ましい。

図 6 は、本発明の第 6 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 6 において、レーザダイオードなどの光源 101 より出射された光線はコリメートレンズ 102 でコリメートされて平行光となり、偏光子 103 により垂直方向に振動する直線偏光となる。偏光子 23 を透過した直線偏光は、液晶素子 104 により垂直に対して +45 度方向又は -45 度方向の偏光成分が位相変調される。液晶素子 104 では、液晶分子の長軸が +45 度方向又は -45 度方向に

揃っている（ホモジニアス配向）。液晶素子 104 を透過した透過光は、楕円偏光となり、その楕円率は液晶素子 104 へ印加される電圧によって変化する。

液晶素子 104 を透過した透過光は、ハーフミラー 105 により反射光と直進光に分岐される。直進光は垂直軸方向に軸を持つ  $\lambda/4$  板 106 に入射し、直線偏光となる。この時、直線偏光の偏光方向は、液晶素子 104 を透過した光線の楕円率に依存するため、液晶素子 104 に印加した電圧によって変化する。従って、液晶素子 104 によって直線偏光の偏光方向の変調が可能となる。偏光方向が変調した直線偏光が、被検試料に入射すると、試料の旋光度に応じて未知の変位量だけ旋光する。試料を透過した光線は、 $\lambda/4$  板 108 に入射し、再び楕円偏光に変換され、検光子 109 に入射する。この時、検光子 109 は、光線の内、検光子 109 の透過軸方向の成分のみを透過する。検光子 109 を透過した透過光は、受光素子 110 に入射し、受光素子 110 において電気信号に変換される。

ハーフミラー 105 で分岐された反射光は、試料を透過せず、検光子 113 に入射する。検光子 113 を透過した透過光は、受光素子 114 に入射し、受光素子 114 において電気信号に変換される。

受光素子 110 からの信号と受光素子 114 からの信号との差は、検光子 109 に入射する前の楕円偏光と検光子 113 に入射する前の楕円偏光との差異分（即ち、試料を透過する際の旋光度分）に相当する。従って、受光素子 110 からの信号と受光素子 114 からの信号との差から試料の旋光度を測定することができ、試料の旋光度から試料の濃度を検出することができる。

受光素子 110、114 で得られた信号は、配線 126、127

を介してコントローラ 1 2 3 に伝達される。コントローラ 1 2 3 では、受光素子 1 1 0、1 1 4 で得られた信号に基づいて、旋光度が求められる。また、信号を常に受信することで、旋光度を連続的に監視することが可能となる。コントローラ 1 2 3 によって、旋光度が定常状態になったことを感知し、その得られた旋光度値と、試料中の光路長、及び、所望の旋光性物質の比旋光度値から、濃度が計算され、表示装置 1 2 4 に表示される。また、コントローラ 1 2 3 は、受光素子 1 1 4 から得られた情報に基づいて、制御信号を生成し、配線 1 2 5 を介して液晶素子 1 0 4 に伝達し、液晶素子 1 0 4 を駆動する機能も有する。

試料は、採取部 1 1 5 から入り、検出器 1 2 2、試料用バルブ 1 1 6、ポンプ 1 1 8、及びイオン交換樹脂 1 1 7 を通って、試料セル 1 0 7 に入る。試料セル 1 0 7 は、図示するような透明なパイプ構造を有しており、セルの下部に廃液用バルブ 1 2 1 を有している。測定する際にはバルブ 1 2 1 を閉じて試料をセルに保持させ、測定終了後はバルブ 1 2 1 を開いて試料を排出する。

また、再生剤バルブ 1 1 9 を備えた再生剤パイプ 1 2 0 は、イオン交換樹脂の再生を行うために必要な機構である。

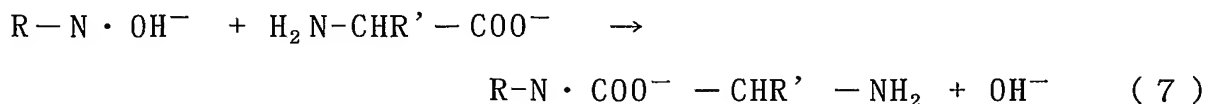
さらに、検出器 1 2 2 は、試料（例えば、尿）を検出するための装置であって、例えば、2 本の電極が内蔵され、2 本の電極間の電気抵抗を測定することによって試料が通過したか否かを判断できるように構成されている。

図 6 に示す光学測定装置では、ポンプ 1 1 8 のポンプ流量を 1 秒当たり 1 m l、試料セル 1 0 7 の容量を 2 m l、バルブ 1 1 6 から試料セルまでの容量を 3 m l に設定した。

また、コントローラ 1 2 3 は、検出器 1 2 2 からの検出信号を利用して、光源 1 0 1、バルブ 1 1 6、再生剤バルブ 1 1 9、バルブ

121及びポンプ118を、後述するように制御して、旋光度の測定を行う。

ここで、試料を尿とし、尿糖濃度測定を行うことを考える。除去対象物質が陰イオン型のアミノ酸 ( $\text{H}_2\text{N}-\text{CHR}-\text{COO}^-$ ) であり、強塩基性陰イオン交換樹脂で除去する場合の反応は、以下の化学式(7)の通りである。



ここで  $\text{R}-\text{N} \cdot \text{OH}^-$  は強塩基性陰イオン交換樹脂を示し、 $\text{R}'$  はアミノ酸特有の有機分子を示す。

図7に、尿糖の旋光度を連続的に監視した場合の、経過時間  $t$  (横軸) と旋光度  $\theta$  (縦軸) の変化を示す。

図7において、グラフ701は糖尿病患者の尿の例を示し、グラフ702は健常者の尿の例を示している。時刻  $t_0$  において尿の通液を開始し、時刻  $t_1$  において尿の通液を終了し且つ再生液の通液を開始し、時刻  $t_2$  において再生液の通液を終了する。すなわち、尿の通液期間は  $T_1$  ( $t_1 - t_0$ ) であり、再生液の通液期間  $T_2$  ( $t_2 - t_1$ ) である。

図7において、初めは ( $t_0$ )、イオン交換樹脂を満たしていた保存液が、試料セルに入るため旋光度はほぼ0となる。しかし、徐々に保存液の影響も小さくなり、定常状態となる。この時の旋光度  $\theta_1$  又は  $\theta_2$  は、尿糖以外の旋光性成分がイオン交換樹脂によって除去された値、つまり尿糖の旋光度である。定常状態が確認された直後に、この旋光度を感知し、濃度を演算すれば、より精度の高い値を求めることが可能である。

旋光度 ( $\theta$  [deg]) と濃度 ( $c$  [g/dl]) の関係は以下の式(8)の通りである。

$$\theta = 1 / 100 \times \alpha_{\lambda} \times \ell \times c \quad (8)$$

ここで、 $\alpha_{\lambda}$  は波長 $\lambda$ における旋光性物質の比旋光度であり、 $\ell$  は測定光路長[dm]を示す。

例えば、 $\alpha_{\lambda}$  (グルコース) = 52.2 及び  $\ell = 1$  とすると、健常者 (尿糖値 0.02 g / d l) の場合  $\theta_1 = 0.0104$  となり、糖尿病患者 (尿糖値 0.8 g / d l) の場合  $\theta_2 = 0.416$  となる。

$\theta_1$  又は  $\theta_2$  を感知した後、さらに旋光度の監視を続けていくと、旋光度に大きな変化が現れる。これは、イオン交換樹脂の交換能が徐々に飽和していくため、すなわち、イオン交換樹脂にアミノ酸等のイオンが吸着しなくなるためである。そして、再び定常状態となる。この時の旋光度  $\theta_3$  又は  $\theta_4$  は、イオン交換樹脂の交換能が飽和状態になった後の尿の旋光度、つまり、イオン交換樹脂に通す前の尿の旋光度と同様であるといえる。よって、以下の式 (健常者の場合) より、アミノ酸、アスコルビン酸等の旋光度も測定可能である。

[旋光度  $\theta_3$  (尿の旋光度)] = [旋光度  $\theta_1$  (尿糖の旋光度)] + [尿糖以外の旋光性物質 (アミノ酸、アスコルビン酸等) の旋光度]

また、尿中に含まれるアミノ酸は1種類ではなく、その性質も割合も異なる。しかし、個人のアミノ酸の尿中への排泄量の比率は、ほぼ一定であり、それぞれの比旋光度も既知であるため、尿中のアミノ酸全体としての比旋光度を仮定すれば、上記式より求めた旋光度よりアミノ酸の濃度も知ることができる。

次に、旋光度を連続的に測定する測定手順について説明する。

本測定手順は、予め記憶されているプログラムにしたがって、コントローラ 123 が、図 6 に示す各種要素を制御して進める。

(1) 図 6 に示す光学測定装置の初期状態では、バルブ 116 及

びバルブ 1 1 9 が閉じられ、バルブ 1 2 1 が開放され、ポンプ 1 1 8 は停止されている。

(2) 次に、コントローラ 1 2 3 は、ユーザが不図示の測定開始ボタンを押したか否かの判断を行う。

(3) 次に、コントローラ 1 2 3 は、測定開始ボタンが押されると、光源 1 0 1、受光素子 1 1 0 及び受光素子 1 1 4 を ON させ、液晶素子 1 0 2 を駆動させる。

(4) 次に、コントローラ 1 2 3 は、検出器 1 2 2 で尿が検出されたか否かの判断を行う。

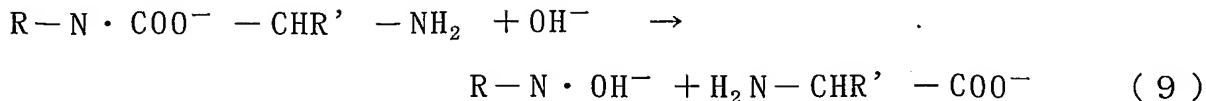
(5) 次に、検出器 1 2 2 で尿が検出された場合、コントローラ 1 2 3 は、バルブ 1 1 6 を開放し、ポンプ 1 1 8 を動作させ、透明なパイプ構造を有する試料セル 1 0 7 中を流れる試料の旋光度の測定を連続して行う。このような連続的な旋光度の測定によって、図 7 に示すようなデータを取得することができる。

図 8 は、本発明の第 7 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図 8 において、旋光度を測定する系に関しては図 6 に示した第 6 の実施形態と同様のものとする。図 8 に示す光学測定装置において、コントローラ 1 2 3 で、濃度測定が終わると、その情報が配線 1 2 8 を通って試料用バルブ 1 1 6 に伝達される。試料を通すために開いていた試料用バルブ 1 1 6 はこの信号により、バルブを閉じる。このフィードバック制御機能により、測定に必要な試料量を制御管理することが可能である。

イオン交換樹脂は交換能が飽和した後、再度使用可能な状態にするために、再生する必要がある。アミノ酸が吸着し、交換能が飽和状態となった強塩基性陰イオン交換樹脂を再生する場合の反応は、以下の化学式 (9) の通りである。この場合の再生剤としては、ア

ルカリイオン水や、水酸化ナトリウムなどが考えられる。



ここで $\text{R-N} \cdot \text{OH}^-$ は強塩基性陰イオン交換樹脂を示し、 $\text{R}'$ はアミノ酸特有の有機分子を示す。

旋光度を監視しながら、第2の定常状態となった場合（図7の時刻 $t_1$ ）に、再生剤を再生剤パイプ120に通しイオン交換樹脂に吸着していたアミノ酸等のイオンを徐々に溶出させる。アミノ酸が溶出して来るうちは、イオン交換樹脂がまだ、交換能を完全に取り戻していないことを意味する。また、その溶出溶液はアミノ酸を含んでいるため幾らかの旋光度を持っている。旋光度がほぼ0になった時は（図7の時刻 $t_2$ ）、アミノ酸が溶出していないことを意味し、イオン交換樹脂が交換能を取り戻し、再生が終了したことを示す。コントローラ123で、再生終了を確認すると、その情報が配線129を通して再生剤バルブ119に伝達される。再生剤を通すために開いていた再生剤バルブ119はこの信号により、バルブを閉じる。このフィードバック制御機能により、測定に必要な再生剤量を制御管理することが可能である。

図9は、本発明の第8の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

図9を用いて、図9に示す光学測定装置の測定手順について説明する。まず、試料採取部203より試料を採取する。次に、試料を、試料水路205を介してイオン除去部201に導入して、妨害物質であるイオンを除去する。次に、センサー部202で試料の旋光度を測定し、演算・表示部204において、測定対象の物質の濃度を演算及び演算結果の表示を行う。最後に、バルブ206を開放し、試料を排出する。

図 9 に示す光学測定装置における、イオン除去部 2 0 1 の構成例を図 1 0 及び図 1 1 に示す。

図 1 0 に示すように、イオン除去部は、試料室 2 2 1 と試料室 2 2 1 を U の字状に囲む廃液室 2 2 2 から構成されており、それぞれの境界は、イオン交換膜で仕切られている。また、試料室はイオン交換樹脂が充填されており、廃液室には電極が設けられている。それぞれの位置関係を図 1 1 に示す断面図で説明する。試料室 2 2 1 にはイオン交換樹脂 2 3 5 が充填されている。廃液室 2 2 2 は、左右 2 つの領域があり、左側の領域には、陽極 2 3 1 が設けられており、試料室との境界には陰イオン交換膜 2 3 4 が設けられている。また、右側の領域には、陰極 2 3 2 が設けられており、試料室との境界には陽イオン交換膜 2 3 3 が設けられている。ポンプ等の通液する手段により、試料室 2 2 1 には試料が、また廃液室 2 2 2 には廃液がそれぞれ通液されている。図 1 1 の廃液室左右の突起は、廃液の通路の入口、出口を示している。

試料は、試料室入口 2 2 4 より試料室 2 2 1 に入り、イオン交換樹脂によりイオンが除去され、試料室出口 2 2 5 より出て、センサー部へ導かれる。ここで、イオン交換樹脂として、陰イオン交換樹脂と陽イオン交換樹脂の混床としておくことにより、陰陽両方のイオンをイオン交換により除去することができる。

また、同時に電極間には、電圧が印加されており、電界により吸着されたイオンが移動する。陰極側では、陽イオン交換膜 2 3 3 を透過した陽イオンが廃液室 2 2 に排出され、陽極側では、陰イオン交換膜 3 4 を透過した陰イオンが廃液室 2 2 に排出される。これによって、それぞれのイオン交換樹脂の再生が行われ、イオン交換能の飽和を防ぐことができる。排出されたイオンは廃液として、排出される。

図 1 2 及び 1 3 は、本発明の第 9 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

本実施形態においては、イオン除去部以外の構成は図 9 ～ 図 1 1 で示した第 8 の実施形態と同様なので、イオン除去部についてのみ図 1 2 及び図 1 3 を用いて説明する。図 1 2 及び図 1 3 は、イオン除去部の互いに直交する方向における断面図を示している。

図 1 2 に示すように、試料室 2 2 1 及び廃液室 2 2 2 は、同心円状に配置されており、境界を陽イオン交換膜 2 3 3 で隔離している。また、電極は、中心に陽極 2 3 1、外周部に円筒状の陰極 2 3 2 が設けられている。また、試料室 2 2 1 には、陽イオン交換樹脂 2 6 5 が充填されている。また、通液手段により、試料室 2 2 1 には試料が供給・排出され、廃液室 2 2 2 には廃液が供給・排出されるように構成されている。

試料を供給しながら、電極に電圧を印加すると、試料室に配置した陽極では、 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$  のような反応が進み、pH が酸性に傾く。これにより、もともと陽イオンである物質は勿論、官能基を持つ物質の多くが、イオン化して陽イオンになり、試料室に充填した陽イオン交換樹脂 2 6 5 により吸着される。従って、試料室を通過させることにより、妨害物質の多くを除去することができる。そこで、妨害物質が除去された試料をセンサー部に送り、旋光度を測定すれば、試料中の妨害物質の影響を廃除した、所望の物質の濃度を測定することができる。

さらに、吸着された陽イオンは、電界により、イオン交換樹脂中を外周部方向に移動し、最終的に、陽イオン交換膜 2 3 3 を透過し、廃液室 2 2 2 に排出され、イオン交換樹脂の再生が行われる。電界を印加しておくことにより、イオン交換樹脂は常に再生された状態となり、試料が投入された際に、速やかに試料中のイオンを吸着

除去することができる。

上述した例は、陽イオン交換樹脂を用いる場合について述べたが、同様の構造で陰イオン交換樹脂を用いることもできる。その場合、電極は、中心に陰極、外周部に円筒状の陽極を設け、試料室と廃液室の境界には、陰イオン交換膜を配置し、試料室には、陰イオン交換樹脂を充填する。この場合は、電圧印加により、試料室のpHは、アルカリ性に傾き、官能基を持った物質の多くが陰イオン化し、陰イオン交換樹脂により吸着除去することができる。

尿中のグルコース濃度を測定する場合、尿中のアミノ酸が妨害物質になる。尿中にはアミノ酸が各種存在するが、アミノ酸の種類により、陽イオン化又は陰イオン化させることによって、容易に吸着除去が可能となる。

試料の尿は、弱酸性のpHを示す。例えば、ヒスチジンのような塩基性のアミノ酸（等電点7.59）の場合、pH調整により試料を酸性に傾けて陽イオン化すると、陰イオン化する場合に比べてpHの調整範囲が小さくて済むため、容易に吸着除去できる。この場合、吸着除去は、陽イオン交換樹脂を用いて行うことが好ましい。

また、シスチン（等電点4.60）やセリン（等電点5.68）の場合は、pH調整により試料をアルカリ性に傾けて陰イオン化して、陰イオン交換樹脂により吸着除去する方が容易である。例えば、ヒスチジンとセリンのアミノ酸水溶液のpHを酸性に傾け、pH=3に調整し、市販の一般的な強酸性陽イオン交換樹脂（10ml）に25ml/min程度の速度で通液した場合、ヒスチジンは、100%吸着除去されるが、セリンは50%しか除去されない。また、尿中には、各種等電点を持ったアミノ酸が含まれているため、高速かつ確実に妨害物質のアミノ酸を除去するためには、2つの構成を直列に並べて、処理することが望ましい。

図 1 4 は、本発明の第 1 0 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

本実施形態においては、イオン除去部以外の構成は図 9 ～ 図 1 1 で示した第 8 の実施形態と同様なので、イオン除去部についてのみ図 1 4 を用いて説明する。

図 1 4 は、イオン除去部を示す断面図であり、第 1 の実施形態と構造と比較して、試料室と廃液室の位置関係が逆の構成となっている。また、機能的には、陰と陽のイオン交換樹脂を直列に並べた場合と同様となっている。試料の流れは、図の矢印に示すように、U の字型の流路となる。陰と陽 2 つの試料室を結ぶ流路は、それぞれの試料室での試料の流れが最適になるように考慮して配置を決めることが望ましい。また、試料室を結ぶ流路には、メッシュ状のフィルタを配置し、陰と陽の交換樹脂が混ざらないようにすることが望ましい。試料室 2 2 1 に導入された試料は、初め陽極側に入り、pH が酸性に調整されると同時に、陽イオン交換樹脂 2 6 5 に吸着される。次に、陰極側に導かれ、pH がアルカリ性に調整されると同時に、陰イオン交換樹脂 2 6 6 に吸着される。これにより、陰と陽のイオンをそれぞれ除去することができる。

また、陽極 2 3 1 及び陰極 2 3 2 間には電界が印加されており、陽イオン交換樹脂 2 6 5 に吸着された陽イオンも、陰イオン交換樹脂 2 6 6 に吸着された陰イオンも、どちらも中心の廃液室 2 2 2 の方に力を受ける。従って、陽イオン及び陰イオンのそれぞれは、陽イオン交換膜 2 3 3 及び陰イオン交換膜 2 3 4 からなる隔膜を通して、廃液室 2 2 2 に排出されることとなる。このような作用によって、イオン交換樹脂の再生が行われる。

ここで、試料としてアミノ酸生理食塩水溶液を用いた場合の電圧印加の効果を示す。

図 1 5 は、生理食塩水溶液に濃度が300mg/dlとなるようにヒスチジンを溶解させた試料を用いて行った実験の結果を示している。

図 1 5 において、横軸は通液量 (m l) を示し、縦軸は除去率 (%) を示している。電圧を印加しない場合は、試料の通液量を増やすに従い、アミノ酸 (ヒスチジン) の除去率が低下している。これに対し、電圧印加した場合は、除去率の初期値が高いとともに、除去率の低下も認められない。ここで、電圧を印加した場合の除去率の絶対値は 8 0 % 程度であるが、これは電圧印加の効果を確認するため、イオン交換樹脂の量を減らしたためで、十分な樹脂量があるか、通液速度を遅くすれば、1 0 0 % 近い除去率を達成することが可能である。

このようなイオン除去部の構成により、一対の電極で、酸及びアルカリへの p H 調整、陰及び陽イオンの吸着除去、陰と陽イオン交換樹脂の再生、を同時に行うことができる。このイオン除去部を通過し、イオンが除去された試料は、センサー部に導かれ、旋光度を測定することにより、所望の物質、例えば、グルコースの濃度を求めることができる。

図 1 6 は、本発明の第 1 1 の実施形態に係る光学測定装置の概略構成を示す図である。

本実施形態に係る光学測定装置は、前述した第 8 ~ 1 0 の実施形態と基本的な構成は同一である。図 1 6 において、試料採取部 2 0 3 から採取した試料を、試料水路 2 0 5 を介し、イオン除去部 2 0 1 に導く。妨害物質のイオンを除去された試料は、センサー部 2 0 2 で旋光度が測定され、測定対象物質の濃度が演算される。ここで、イオン除去部 2 0 1 において、吸着したイオンを排出する廃液として、センサー部の温調を行うための温調液を用いる。温調液は、恒温槽 2 7 4 で一定の温度にコントロールされ、図中に斜線で示さ

れた温調液路 271 をポンプ 273 により循環している。尿糖を測定対象とした場合、糖濃度は非常に低く、センサーには、高精度が要求される。センサー部の温度変化は、測定精度の低下をもたらすので、高い測定精度を維持するためには、センサー部の温調が必要である。また、尿の温度は被験者の体温にほぼ一致するため、センサー部を体温近傍に温調することが必要である。また、体温は個人差、日内変動により、変動することが考えられ、試料である尿をセンサー部に導くだけで、温度変化が生じ、測定精度が低下することが考えられる。

そこで、温調液と廃液を兼用すると、試料と廃液はイオン交換膜を介して接しているので、熱交換が起こり、試料と廃液との温度差が小さくなる。従って、そのような試料をイオン除去部に通液すると、妨害物質が除去されると共に、試料とセンサー部 202 との温度差が小さくなる。すなわち、そのような試料をセンサー部 202 に導くことにより、試料とセンサー部 202 との間で温度変化が生ぜず、高精度で安定した測定が可能となる。

図 17 は、連続イオン交換 EDI (Electronic Deionization) 方式を説明するための図である。

前述した第 8 ～ 11 の実施形態に示した、陽及び陰イオンの移動について、図 17 を用いてその原理を説明する。

図 17 の構成において図に示すような電圧を印加すると、陽極 231 側では、陽イオン交換樹脂 265 に吸着された陽イオンが、電界により移動し、陽イオン交換膜 233 を透過し、廃液室 222 に排出される。同様に、陰極 232 側では、陰イオン交換樹脂 266 に吸着された陰イオンが、電界により移動し、陰イオン交換膜 234 を透過し、廃液室 222 に排出される。このような方式を、連続イオン交換 EDI 方式と呼び、純水製造装置等で実用化されている

。

図 1 8 は、イオン交換樹脂カートリッジを示すものである。

図 1 8 に示すイオン交換樹脂カートリッジ 3 0 1 は、第 1 ～ 第 5 の実施形態におけるイオン交換樹脂部 3 又は第 6 及び第 7 の実施形態におけるイオン交換樹脂 1 1 7 の代わりに用いることができる。

イオン交換樹脂カートリッジ 3 0 1 は、チャコールフィルタ層 3 0 2、合成吸着剤層 3 0 3 及びイオン交換樹脂部 3 0 4 から構成されている。図中、試料である尿は矢印の方向からイオン交換樹脂カートリッジ 3 0 1 に通液される。チャコールフィルタ層 3 0 2 は主に尿の色成分を除去し、合成吸着剤層 3 0 3 は主に尿の脂質成分を除去し、イオン交換樹脂部 3 0 4 は前述したようにアミノ酸やアスコルビン酸を除去する。

イオン交換樹脂カートリッジ 3 0 1 は、イオン交換樹脂部 3 0 4 に加えて、チャコールフィルタ層 3 0 2 及び合成吸着剤層 3 0 3 を有しているので、尿から旋光成分以外の妨害物質をより良く除去することができ、測定精度をさらに上げることが可能となる。

なお、合成吸着剤層 3 0 3 の合成吸着剤の細孔径を選択することによって、吸着される成分が異なるので、複数の細孔径を持った合成吸着剤を利用することが好ましい。また、尿の成分を考慮しながら、各層が最適な役割を果たすように、各層の容量を最適化することが好ましい。

ところで、合成吸着剤は、イオン交換樹脂と異なり官能基を有していないが、活性炭に匹敵する表面積を有し、細孔と呼ばれる連続孔が粒子の内部まで発達している。従って、合成吸着剤は、水溶液中の有機物を効率良く吸着することができる機能を有している。

図 1 9 は、他のイオン交換樹脂カートリッジを示すものである。

図 1 9 に示すイオン交換樹脂カートリッジ 3 1 0 は、第 1 ～ 第 5

の実施形態におけるイオン交換樹脂部 3 又は第 6 及び第 7 の実施形態におけるイオン交換樹脂 1 1 7 の代わりに用いることができる。

イオン交換樹脂カートリッジ 3 1 0 では、イオン交換樹脂を詰めたカラムに透明な樹脂等から構成された窓部 3 1 1 を有している。従って、窓部 3 1 1 を介して内部のイオン交換樹脂の状態を観察することができる。例えば、イオン交換作用が無くなる又は低くなると外観が変色する樹脂を用いれば、窓部 3 1 1 から目視によって観測することによって、イオン交換樹脂カートリッジ 3 1 0 の交換時期を容易に判別することができる。

また、窓部 3 1 1 を介してイオン交換樹脂を照射する発光素子 3 1 2、イオン交換樹脂からの反射光を受光する受光素子 3 1 3、及び受光素子 3 1 3 からの検出信号を受信する制御部 3 1 4（P C、C P U 等）等から、イオン交換樹脂の外観色判別装置を構成することができる。このような装置を利用すれば、適当な時間間隔や測定間隔で発光素子 3 1 2 を発光させて、イオン交換樹脂の外観色を受光素子 3 1 3 からの検出信号に基づいて判断し、交換時期がきたら自動的にユーザに知らせることが可能である。なお、イオン交換樹脂の外観色は、例えば、受光素子 3 1 3 で受光した光を受光部のセンサーで分光し、波長毎の反射率を測定することによって求めることができる。

図 2 0 は、イオン交換樹脂カートリッジ構造を示すものである。

図 2 0 に示すイオン交換樹脂カートリッジ構造 3 2 0 は、第 1 ～ 第 5 の実施形態におけるイオン交換樹脂部 3 又は第 6 及び第 7 の実施形態におけるイオン交換樹脂 1 1 7 の代わりに用いることができる。

イオン交換樹脂カートリッジ構造 3 2 0 は、イオン交換樹脂が詰まったカラム 3 2 1、試料保持セル 3 2 4、バルブ 3 2 5 及び循環

ポンプ 3 2 6 等を有している。また、カラム 3 2 1 には、内部のイオン交換樹脂を観測するための窓部 3 2 2 を有している。さらに、窓部 3 2 2 の近傍には、図 1 9 において説明したイオン交換樹脂の外観色判別装置 3 2 7 が配置されているものとする。

試料である尿が矢印 A のようにイオン交換樹脂カートリッジ構造 3 2 0 に流入すると、カラム 3 2 1 を通過する。この時、バルブ 3 2 5 を閉じ、試料を試料保持セル 3 2 4 内に一旦留める。次に、窓部 3 2 2 から図 1 9 で説明したイオン交換樹脂の外観色判別装置を用いてカラム内のイオン交換樹脂の外観色を判別する。

試料通過後のイオン交換樹脂の色から、試料から充分に阻害物が除去されているか否かを判別することができる。すなわち、試料通過後のイオン交換樹脂の外観色に変化していた場合には、交換機能が飽和状態であって、試料から充分に阻害物が除去されていないと判断することができる。

そこで、外観色からイオン交換樹脂が充分に機能した（試料から充分に阻害物が除去された）と判断された場合には、バルブ 3 2 5 を開き、試料を例えば測定容器 5 5 へ送る（矢印 B）。

外観色からイオン交換樹脂が充分に機能していない（試料から充分に阻害物が除去されていない）と判断された場合には、ユーザにカラムの交換やカラム内のイオン交換樹脂の再生を指示する。カラムの交換やカラム内のイオン交換樹脂の再生後、ポンプ 3 2 6 を作動させて、試料を試料保持セル 3 2 4 からカラム 3 2 1 へ送る。

試料として生体試料を用いる場合、生体試料の含まれる阻害成分の量には個人差があるので、阻害成分除去に必要なイオン交換樹脂の量も異なる。そこで、図 2 0 に示すイオン交換樹脂カートリッジ構造 3 2 0 を利用すれば、阻害成分が充分に除去されずに、測定が行われることを防止することができる。

図 2 1 は、他のイオン交換樹脂カートリッジ構造を示す。

図 2 1 に示すイオン交換樹脂カートリッジ 3 3 0 は、第 1 ～ 第 5 の実施形態におけるイオン交換樹脂部 3 又は第 6 及び第 7 の実施形態におけるイオン交換樹脂 1 1 7 の代わりに用いることができる。

イオン交換樹脂カートリッジ 3 3 0 は、複数のブロック 3 3 1 ～ 3 3 3 を有している。図 2 1 の例では、イオン交換樹脂カートリッジ構造 3 3 0 は、3 つのブロックを有しているが、さらに多くのブロックを有していても良い。

各ブロックには、イオン交換樹脂部 3 4 1、樹脂流出防止フィルタ 3 4 2、試料保持セル 3 4 3、第 1 バルブ 3 4 4、第 2 バルブ 3 4 5 及び窓部 3 4 6 を有している。また、各窓部 3 4 6 の近傍には、図 1 9 において説明したイオン交換樹脂の外観色判別装置 3 4 7 が配置されているものとする。さらに、各ブロックの第 1 バルブ、第 2 バルブ及び外観色判別装置は、予め定められたプログラムに従い、制御部によって制御される。

試料である尿が矢印 A のようにイオン交換樹脂カートリッジ構造 3 3 0 に流入すると、第 1 ブロック 3 3 1 のイオン交換樹脂部 3 4 1 を通過する。この時、第 1 バルブ 3 4 4 及び第 2 バルブ 3 4 5 を閉じ、試料を試料保持セル 3 4 3 内に一旦留める。次に、窓部 3 4 6 から図 1 9 で説明したイオン交換樹脂の外観色判別装置を用いてイオン交換樹脂部 3 4 1 の外観色を判別する。

前述したように、試料通過後のイオン交換樹脂の色から、試料から十分に阻害物が除去されているか否かを判別することができる。すなわち、試料通過後のイオン交換樹脂の外観色が変化していた場合には、交換機能が飽和状態であって、試料から十分に阻害物が除去されていないと判断することができる。

そこで、外観色からイオン交換樹脂が十分に機能した（試料から

十分に阻害物が除去された）と判断された場合には、第 2 バルブ 3 4 5 を開き、試料を例えば測定容器 5 5 へ送る（矢印 B）。

外観色からイオン交換樹脂が十分に機能していない（試料から十分に阻害物が除去されていない）と判断された場合には、第 1 のバルブ 3 4 4 を開き、試料を第 2 ブロック 3 3 2 へ送る。以下同様の動作を繰り返し、イオン交換樹脂層が機能していると判断されたブロックを通過した試料を測定容器 5 5 へ送る（矢印 B）。仮に、全てのブロックのイオン交換樹脂層が機能していなかった場合には、試料を廃棄する（矢印 C）。

試料として生体試料を用いる場合、生体試料の含まれる阻害成分の量には個人差があるので、阻害成分除去に必要なイオン交換樹脂の量も異なる。図 2 1 に示す構成を用いれば、少量のイオン交換樹脂層を試料が通過するたびに、樹脂の交換機能の飽和状態を確認することで、試料の阻害成分除去に見合っただけの樹脂を通過させることができる。従って、必要な量以上のイオン交換樹脂を通ることを防げるので、測定対象物質の濃度変化率を小さくすることができる。

図 2 2 は、カラムを通過した試料のグルコース濃度を示す図である。

図 2 2 に示す図は、新しいカラム 1 1 7 に、所定のグルコースを含む同一の試料を 1 m l 毎に注ぎ、通過した試料のグルコース濃度を測定した結果を示すものである。即ち、図 2 2 において、縦軸は、試料中のグルコース濃度を示し、横軸は、図 6 に示す光学測定装置におけるカラム 1 1 7 を通過した回数を示している。

図 2 2 に示すように、6 回目以降の測定結果はほぼ同じ値を示している。新しいカラムには、保存液や水分等が含まれているため、初めて通過する試料では、正確に測定が行われな可能性はある。

そこで、前述した例では、図 6 及び図 7 に示すように連続的な測定を行い、定常的な結果が得られた時の値を測定値とした。しかしながら、連続的に測定を行うと測定に時間や手間がかかる。そこで、どのくらいの試料を通過させれば正確な測定を行うことができるかを定め、定められた分の試料を通過させた後に測定を行えば、1 回で正確な測定値を得ることができる。

以下に、旋光度を 1 回で測定する測定手順について説明する。

本測定手順は、予め記憶されているプログラムにしたがって、コントローラ 1 2 3 が、図 6 に示す各種要素を制御して進める。ここでは、新品のカラム 1 1 7 に 2 m l の試料を通過させれば、その後は正確な測定が可能であるものとする。さらに、試料が注がれてから、3 秒後に試料セル 1 0 7 に試料が入り始め、5 秒後には試料セル 1 0 7 が試料で満たされ、7 秒後には試料の最初の 2 m l が試料セル 1 0 7 から廃棄されるものとする。

(1) 図 6 に示す光学測定装置の初期状態では、バルブ 1 1 6 及びバルブ 1 1 9 が閉じられ、バルブ 1 2 1 が開放され、ポンプ 1 1 8 は停止されている。

(2) 次に、コントローラ 1 2 3 は、ユーザが不図示の測定開始ボタンを押したか否かの判断を行う。

(3) 次に、コントローラ 1 2 3 は、測定開始ボタンが押されると、光源 1 0 1、受光素子 1 1 0 及び受光素子 1 1 4 を ON させ、液晶素子 1 0 2 を駆動させる。

(4) 次に、コントローラ 1 2 3 は、検出器 1 2 2 で尿が検出されたか否かの判断を行う。

(5) 次に、検出器 1 2 2 で尿が検出された場合、コントローラ 1 2 3 は、バルブ 1 1 6 を開放し、ポンプ 1 1 8 を動作させる。

(6) 次に、コントローラ 1 2 3 は、検出器 1 2 2 で尿を検出し

てから 7 秒後に、バルブ 1 2 1 を閉じて、透明なパイプ構造を有する試料セル 1 0 7 中に保持された試料の旋光度の測定を行う。前述したように、検出器 1 2 2 で尿を検出してから 7 秒後には、カラム 1 1 7 に注がれた最初の 2 m l が廃棄されているので、正確な測定を行うことができる。

図 2 3 は、便座に光学測定装置を組み込んだ例を示す図である。

図 2 3 に示すように、便器は、便器本体 4 1 8、便座 4 1 4 及び水タンク 4 4 0 等から構成される。図 2 3 の例では、図 1 に示す光学測定装置を便座部 4 1 4 に組み込んだ例を示している（電磁弁 2 は省略）。

採尿容器 1 及びイオン交換樹脂部 3 は、通常は便座部 1 4 の裏の保持位置 4 6 に収納されているが、測定開始ボタン 4 4 1 の操作により、不図示の移動機構によって採尿位置 4 6 2 へ移動する。採尿容器 1 へ入った尿は、導管 5 によって光学系 5 0 へ運ばれる。測定が終了すると、導管 7 から便器内は排出される。測定結果は、表示部 4 1 9 に表示される。

図 2 4 は、便器に光学測定装置を組み込んだ例を示す図である。

図 2 4 に示すように、便器は、便器本体 4 1 8、便座 4 1 4 及び水タンク 4 4 0 等から構成される。図 2 4 の例では、図 1 に示す光学測定装置を便座部 4 1 4 に組み込んだ例を示している。

便器本体 4 1 8 に取り付けられた採尿容器 1 に入った尿は、電磁弁 2、イオン交換樹脂部 3 は、導管 5 によって光学系 5 0 へ運ばれる。測定が終了すると、電磁弁 7 が開いて導管 7 から便器内は排出される。

図 2 3 及び 2 4 では、図 1 に示した光学測定装置を便座及び便器に組み込んだ例を示したが、他の実施形態を便座及び便器に組み込むことができることはいうまでもない。

## 請 求 の 範 囲

1. 光学測定装置であって、  
イオン交換樹脂と、

前記イオン交換樹脂を通過した試料の成分濃度を前記成分の光学特性に基づいて測定するための光学測定部と、  
を有することを特徴とする光学測定装置。

2. さらに、前記イオン交換樹脂を再生又は洗浄させるための再生部を有する、請求項1に記載の光学測定装置。

3. 前記再生部は、アルカリイオン水によって、前記イオン交換樹脂を再生する、請求項2に記載の光学測定装置。

4. 前記再生部は、水道水から前記アルカリイオン水を生成するためのアルカリイオン水生成部を有する、請求項3に記載の光学測定装置。

5. 前記再生部は、酸性水によって、前記イオン交換樹脂を再生する、請求項2に記載の光学測定装置。

6. 前記再生部は、水道水から前記酸性水を生成するための酸性水生成部を有する、請求項5に記載の光学測定装置。

7. 前記再生部は、水道水によって、前記イオン交換樹脂を洗浄する、請求項2に記載の光学測定装置。

8. 前記イオン交換樹脂は、交換可能に取りつけられている、請求項1に記載の光学測定装置。

9. 前記イオン交換樹脂は、弱塩基性イオン交換樹脂である、請求項1に記載の光学測定装置。

10. さらに、合成吸着剤を有し、

前記光学測定部は、前記合成吸着剤及び前記イオン交換樹脂を通過した試料の測定を行う、請求項1に記載の光学測定装置。

1 1. 前記イオン交換樹脂は、透明な窓部を有するカラム内に充填されている、請求項 1 に記載の光学測定装置。

1 2. さらに、前記イオン交換樹脂の色を検出するための検出部を有する、請求項 1 1 に記載の光学測定装置。

1 3. 光学測定装置であって、  
イオン交換樹脂と、  
前記イオン交換樹脂を通過した試料を一時的に保持するための保持セルと、

前記イオン交換樹脂を通過した試料を光学測定のために保持する測定容器と、

前記測定容器内の試料の成分濃度を前記成分の光学特性に基づいて測定するための光学測定部と、

前記試料が通過した後の前記イオン交換樹脂の色を検出するための検出部と、

前記保持セルに保持された試料を再度イオン交換樹脂を通過させるために送液する第 1 の送液手段と、

前記保持セルに保持された試料を前記測定容器に送液するための第 2 の送液手段と、  
を有することを特徴とする光学測定装置。

1 4. 光学測定装置であって、  
第 1 のイオン交換樹脂と、  
前記第 1 のイオン交換樹脂を通過した試料を一時的に保持するための第 1 の保持セルと、

第 2 のイオン交換樹脂と、  
前記第 2 のイオン交換樹脂を通過した試料を一時的に保持するための第 2 の保持セルと、

前記第 1 又は、第 1 及び第 2 のイオン交換樹脂を通過した試料を

光学測定のために保持する測定容器と、

前記測定容器内の試料の成分濃度を前記成分の光学特性に基づいて測定するための光学測定部と、

前記試料が通過した後の前記第 1 及び第 2 のイオン交換樹脂の色を検出するための検出部と、

前記第 1 の保持セルに保持された試料を第 2 のイオン交換樹脂を通過させるために送液する第 1 の送液手段と、

前記第 1 の保持セルに保持された試料を前記測定容器に送液するための第 2 の送液手段と、

前記第 2 の保持セルに保持された試料を前記測定容器に送液するための第 3 の送液手段と、

を有することを特徴とする光学測定装置。

15. 光学測定装置であって、

イオン交換樹脂と、

前記イオン交換樹脂を通過した試料に含まれる旋光性物質の濃度を前記旋光性物質の光学特性に基づいて測定するための光学測定部と、

前記光学測定部の測定結果を連続的に監視する制御部と、  
を有することを特徴とする光学測定装置。

16. 前記制御部は、測定結果が定常状態になった場合に、定常状態時の測定結果を用いて前記旋光性物質の濃度を求める、請求項 15 に記載の光学測定装置。

17. 前記制御部は、測定結果の監視に基づいて、前記イオン交換樹脂の交換能が飽和していること判別する、請求項 15 に記載の光学測定装置。

18. 前記試料は尿であり、前記旋光性物質は尿糖である、請求項 15 に記載の光学測定装置。

19. 前記イオン交換樹脂が、陰イオン交換樹脂、混床イオン交換樹脂、又は陽イオン交換樹脂である、請求項15に記載の光学測定装置。

20. さらに、前記イオン交換樹脂を再生液によって再生させるための再生部を有し、

前記制御部は、測定結果の監視に基づいて、前記イオン交換樹脂の前記再生液による再生状態を判別する、請求項15に記載の光学測定装置。

21. 前記制御部は、前記再生液の量を制御する、請求項20に記載の光学測定装置。

22. 便座又は便器に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の光学測定装置。

FIG. 1

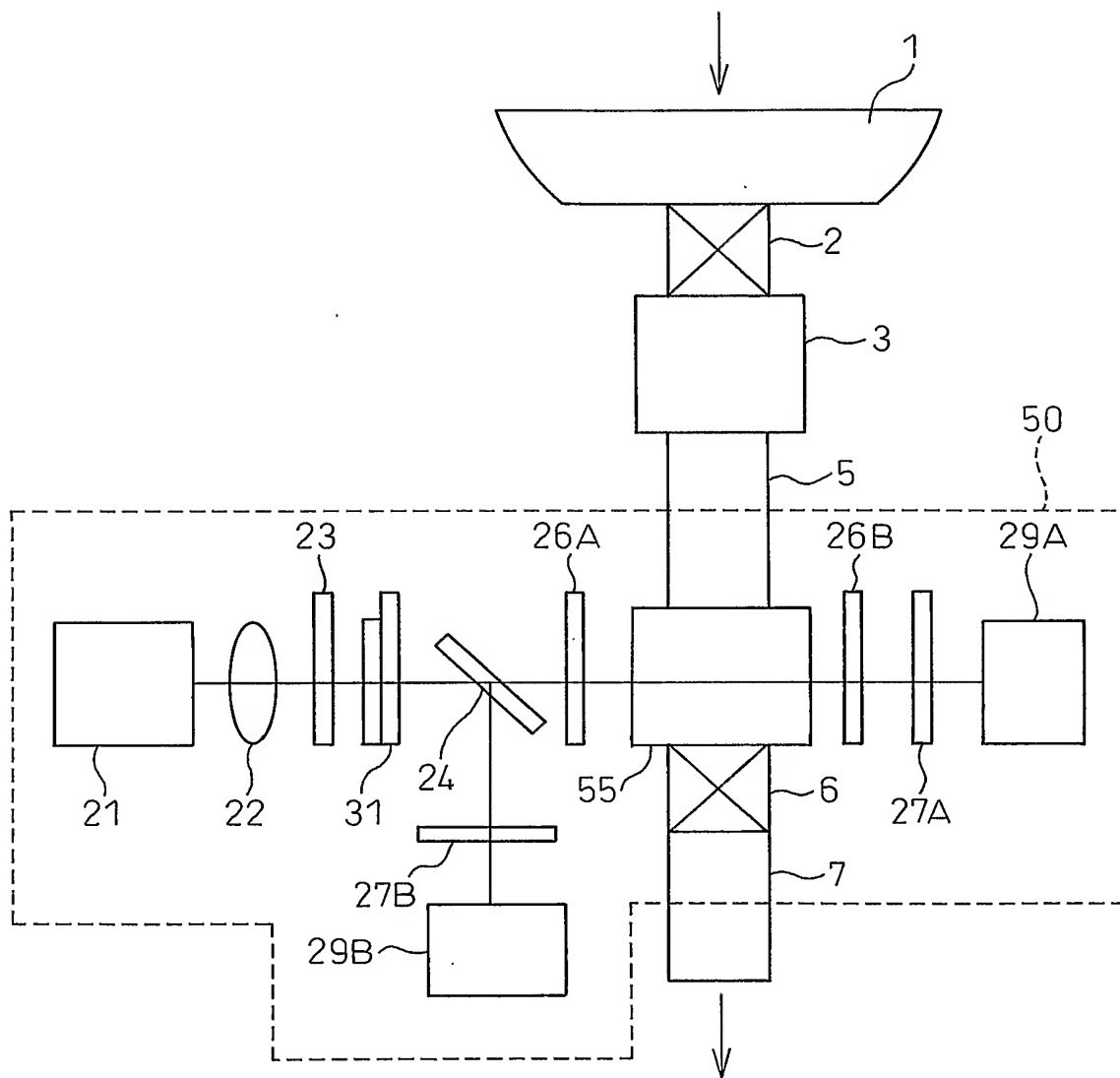


FIG. 2

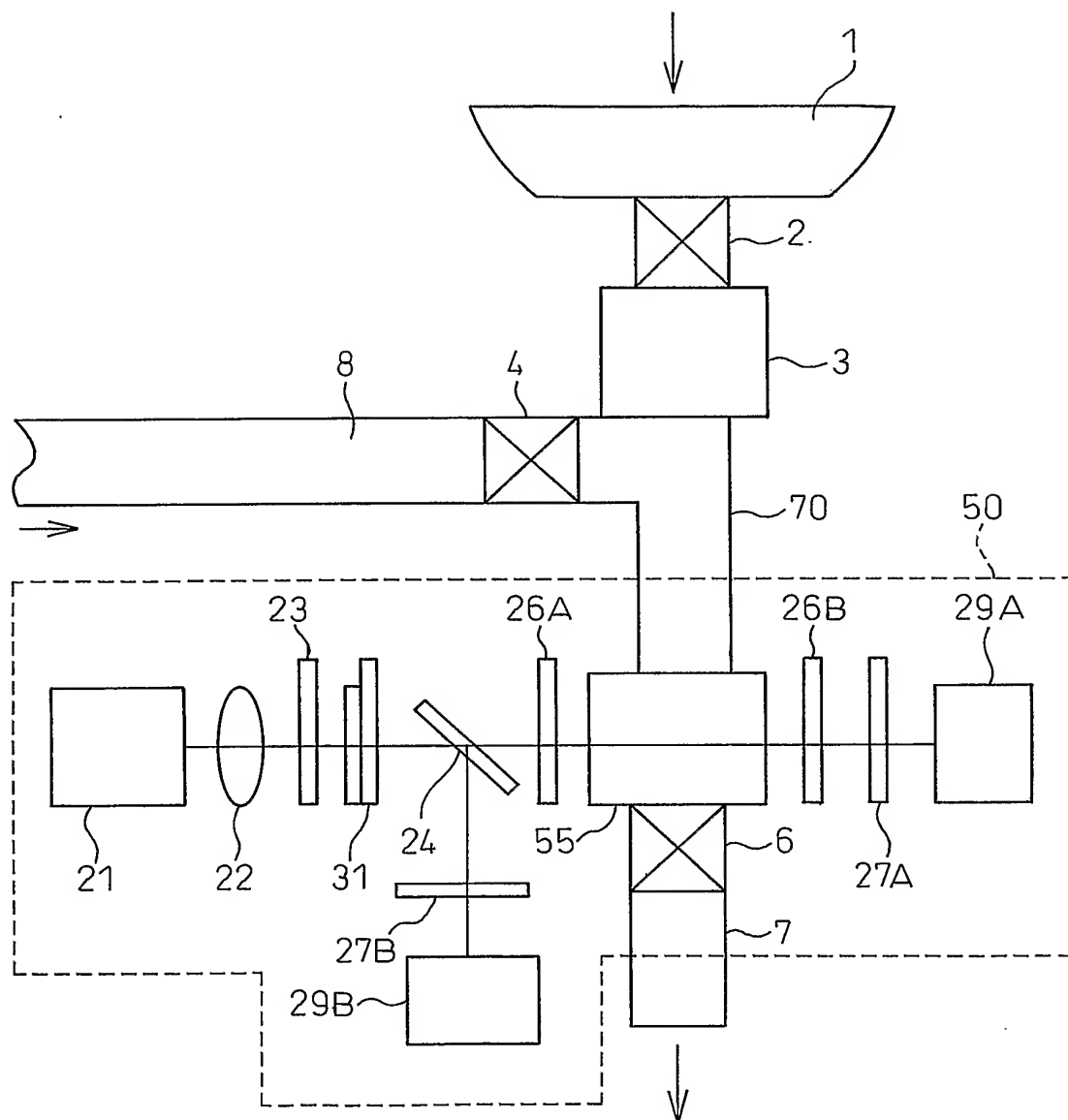


FIG. 3

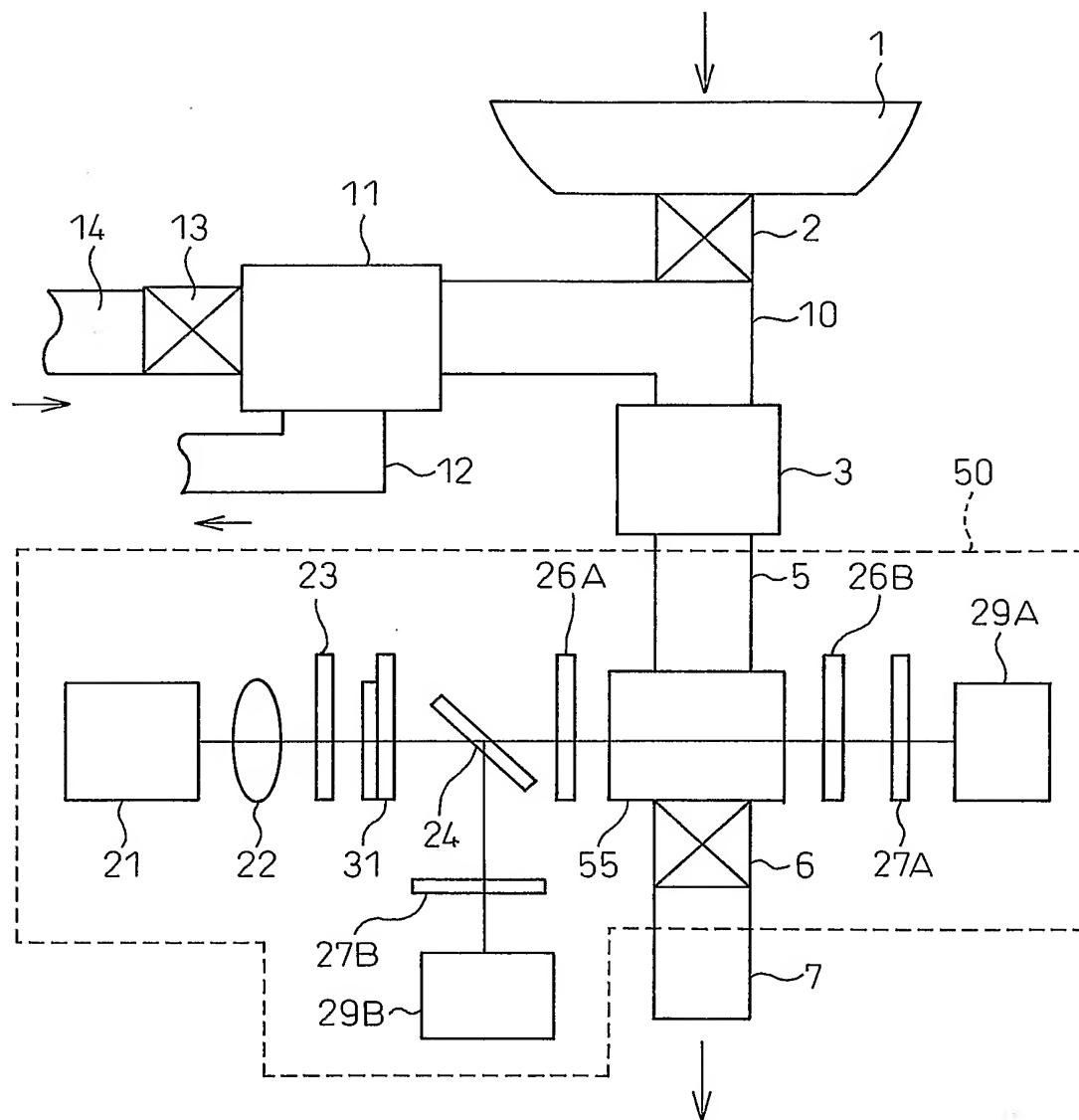


FIG.4

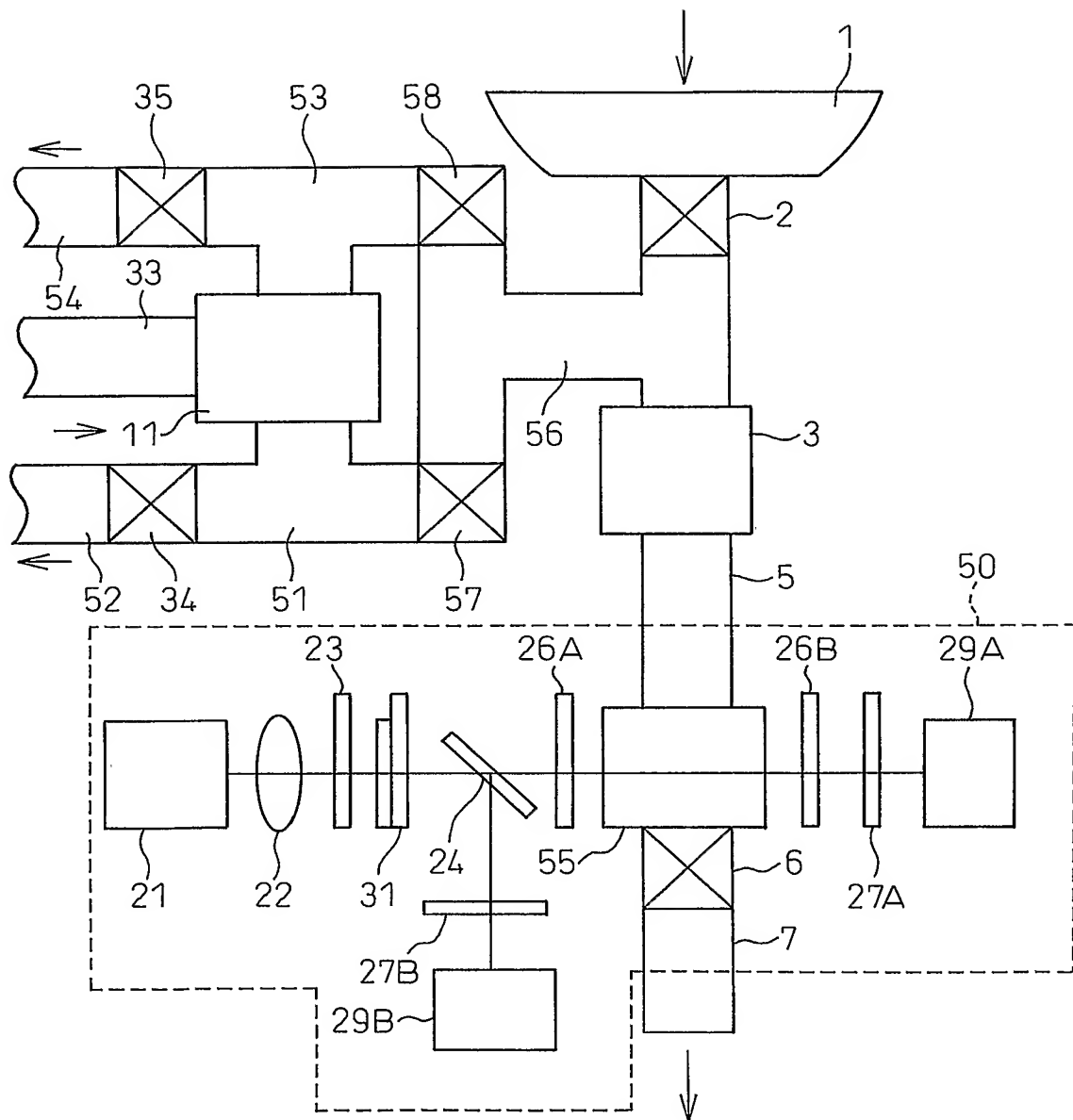


FIG. 5

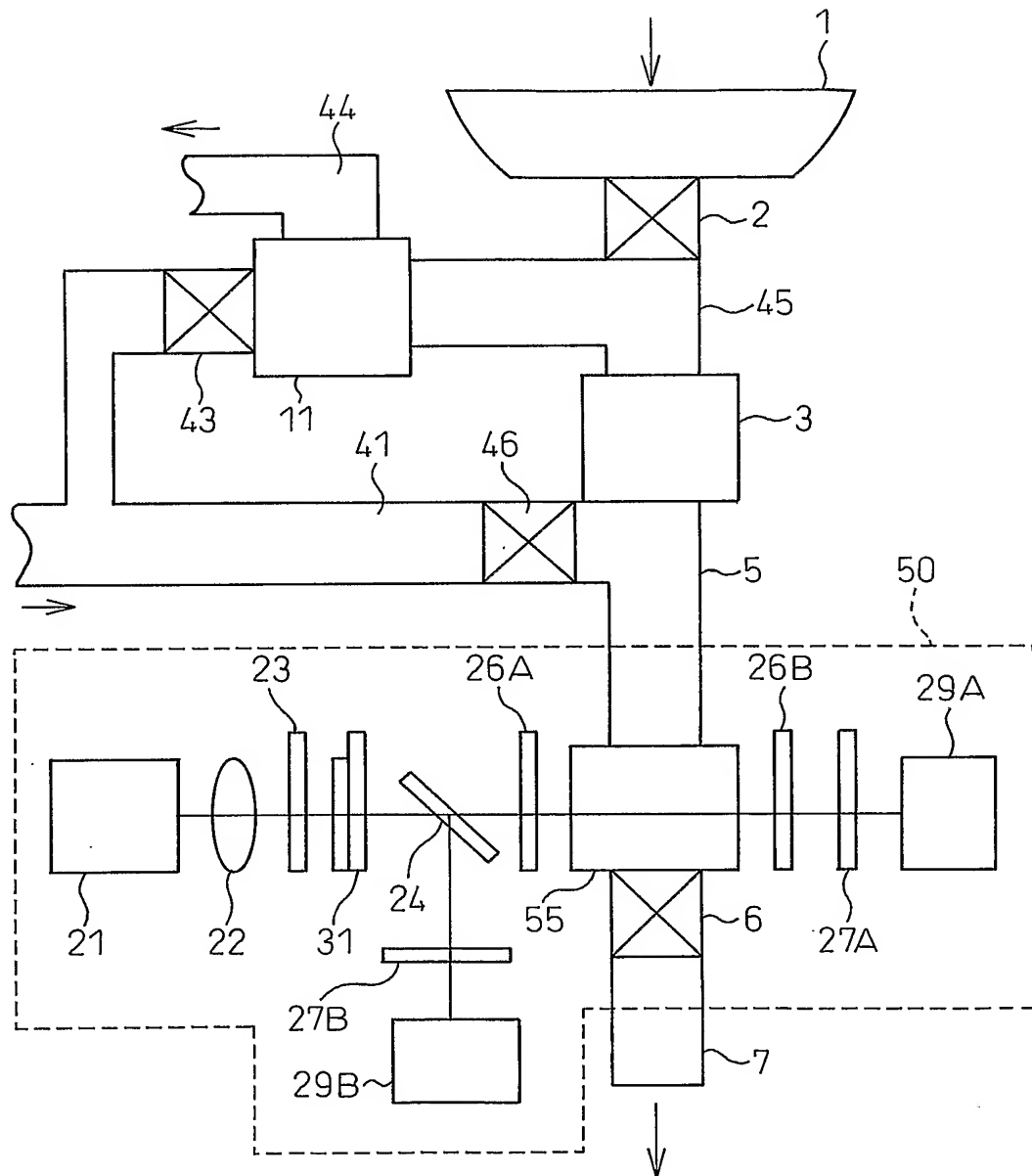


FIG. 6

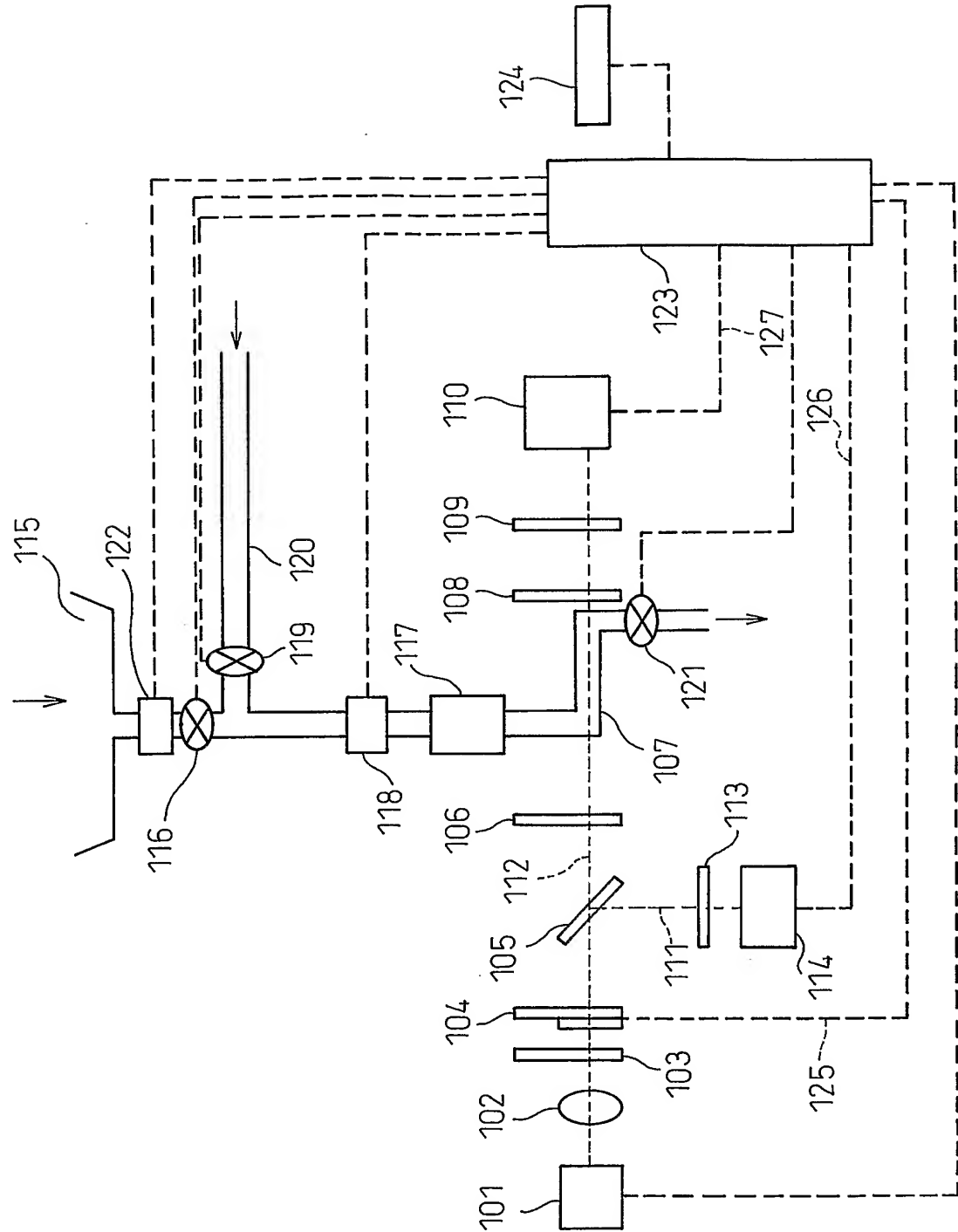


FIG.7

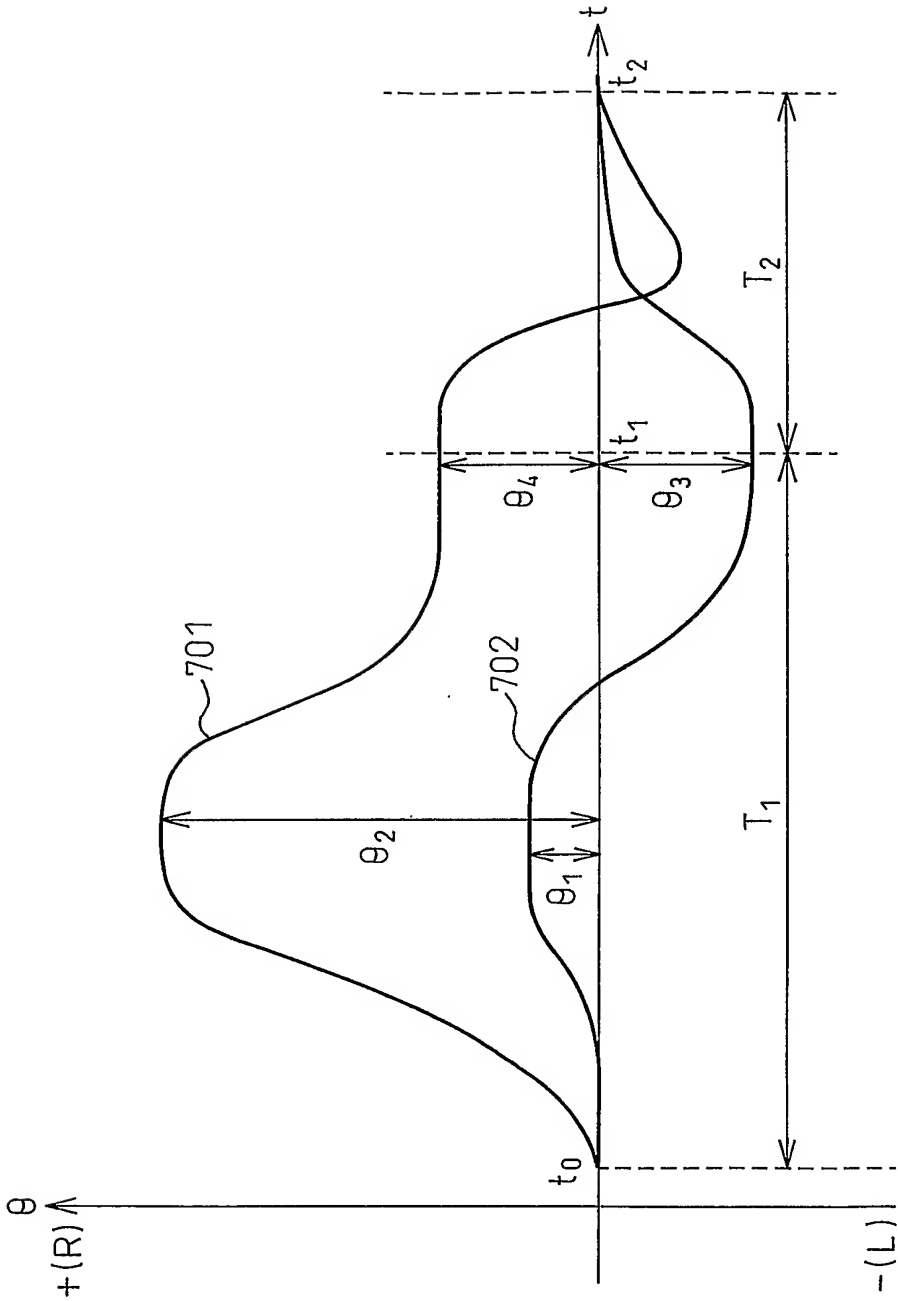


FIG. 8

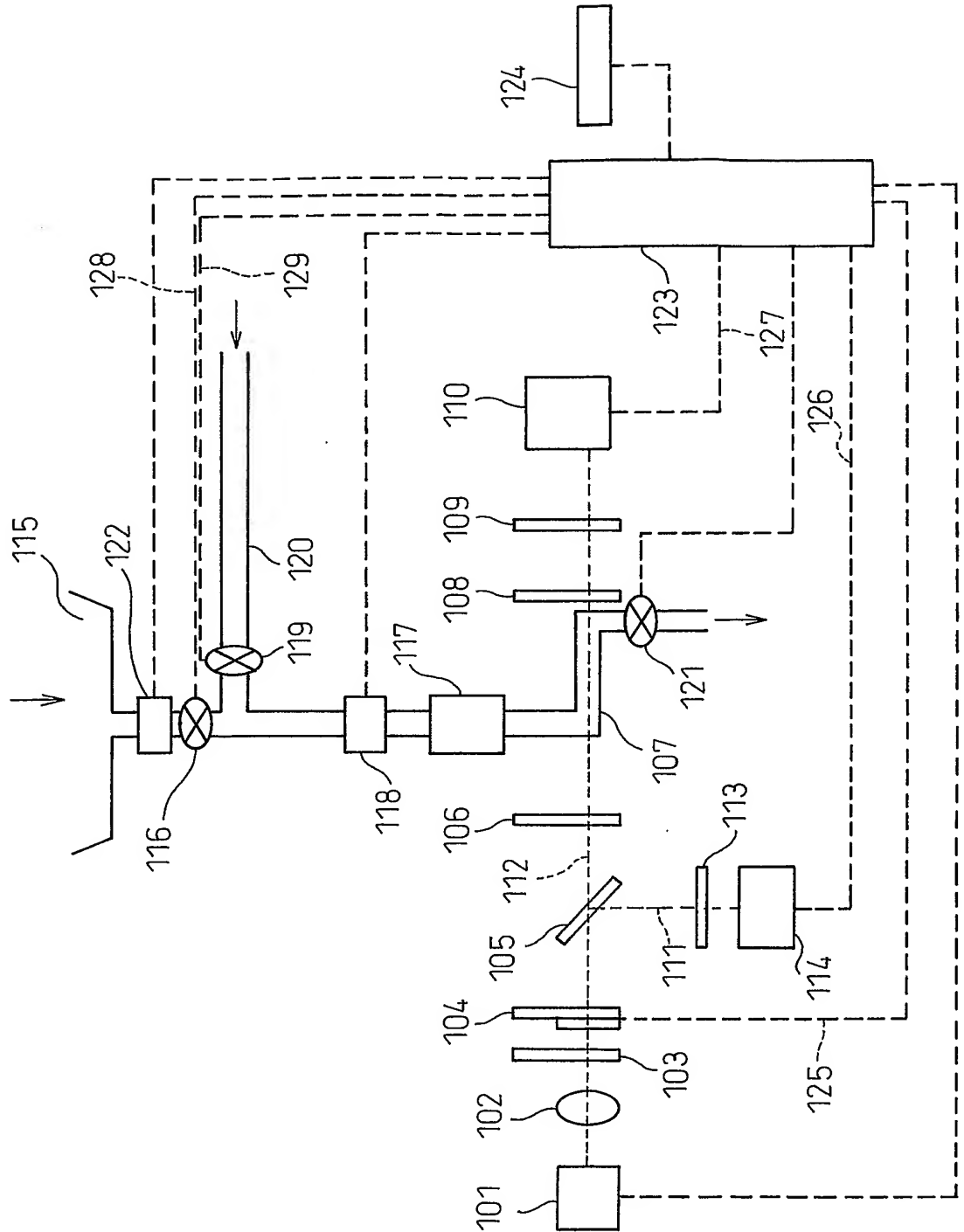


FIG.9

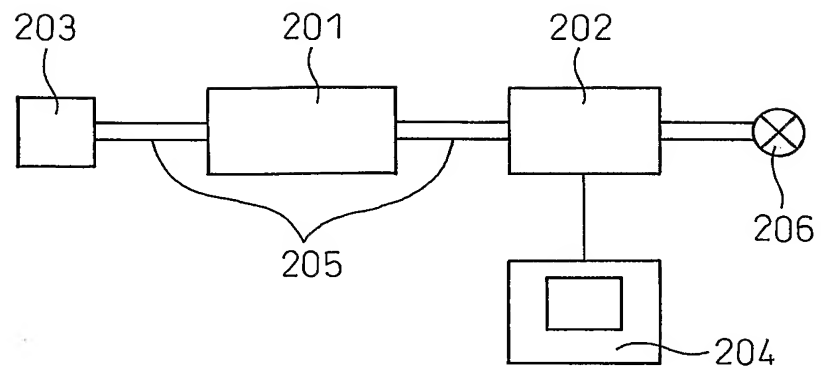


FIG.10

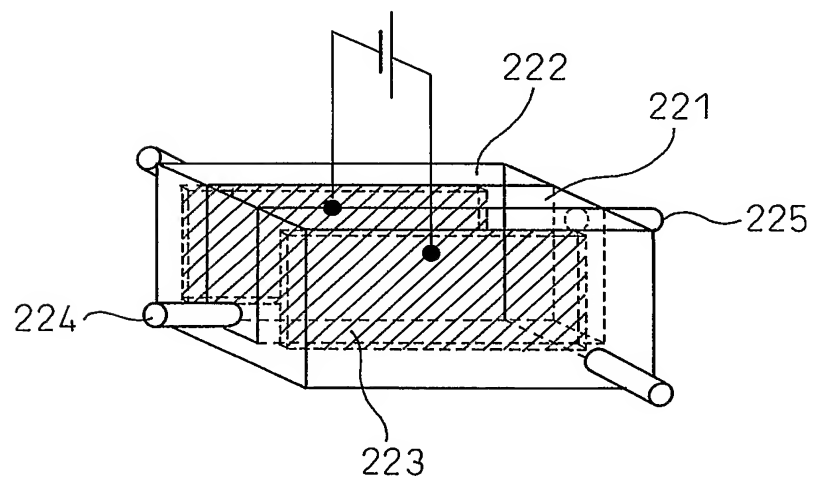


FIG.11

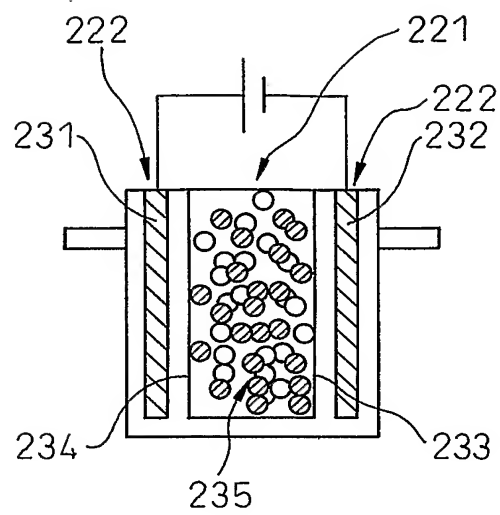


FIG.12

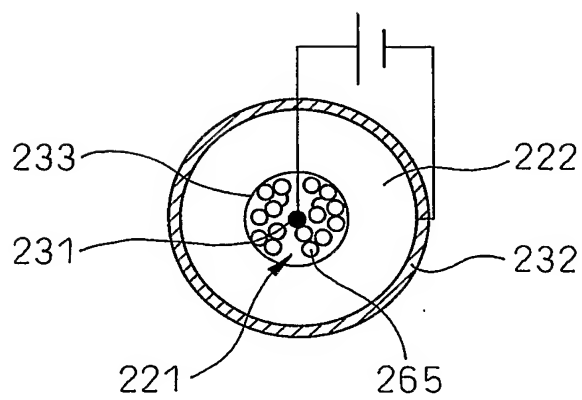


FIG.13

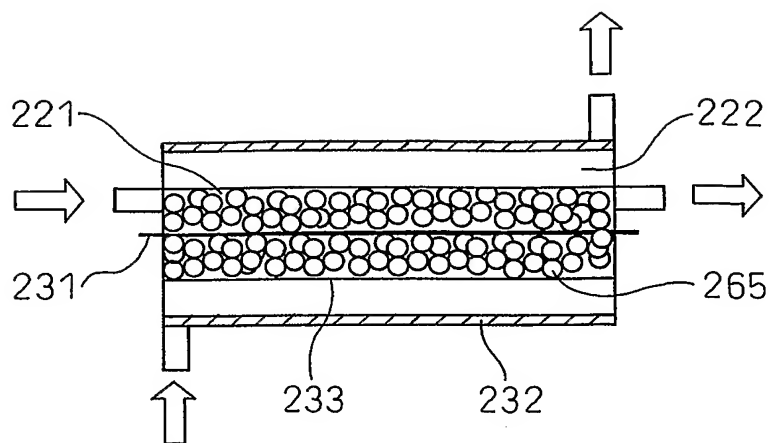


FIG.14

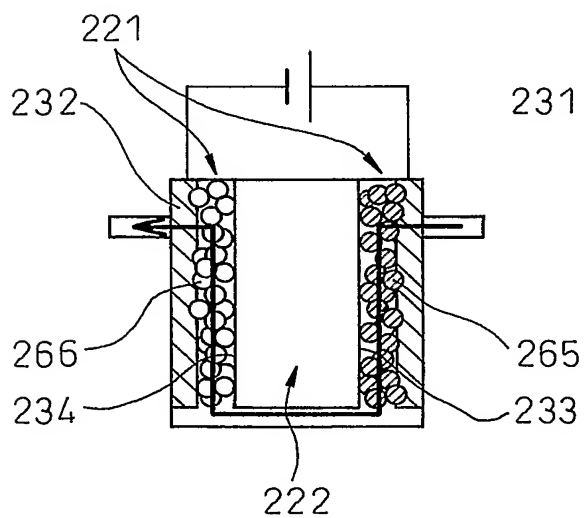


FIG.15

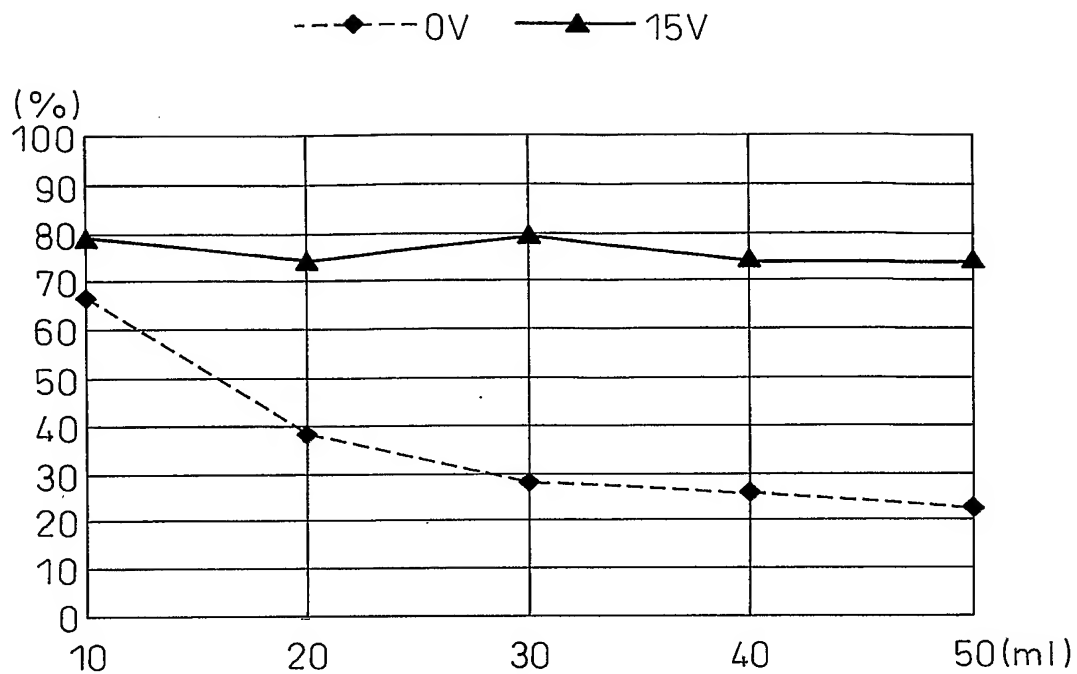


FIG.16

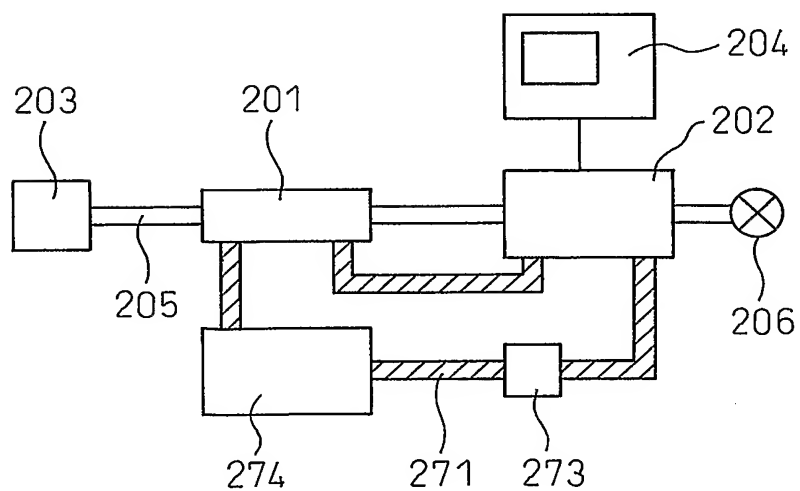


FIG.17

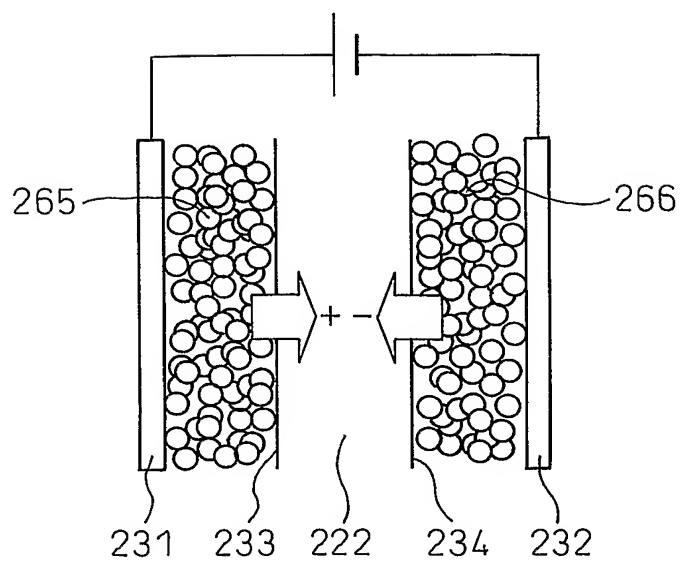


FIG.18

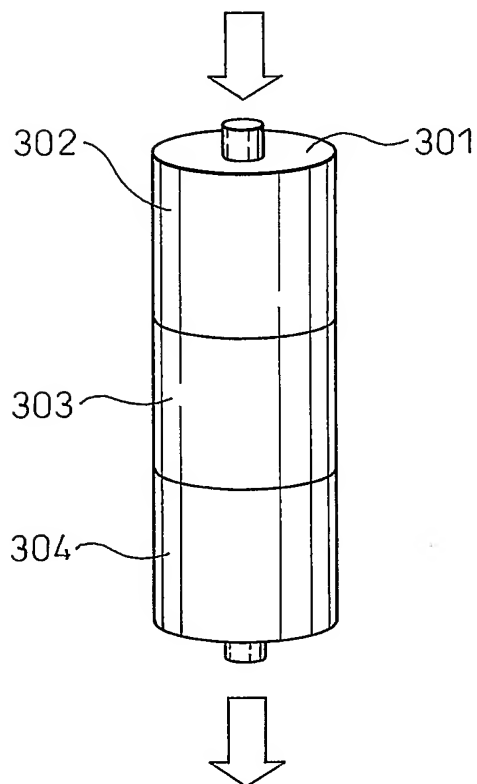


FIG. 19

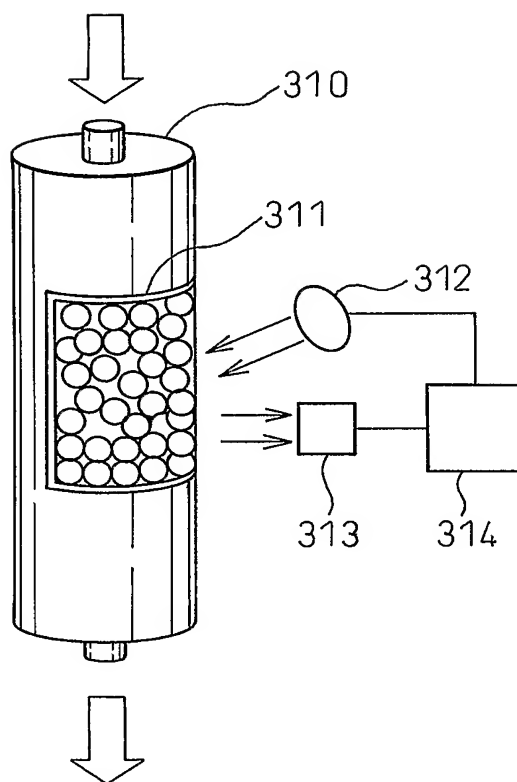


FIG.20

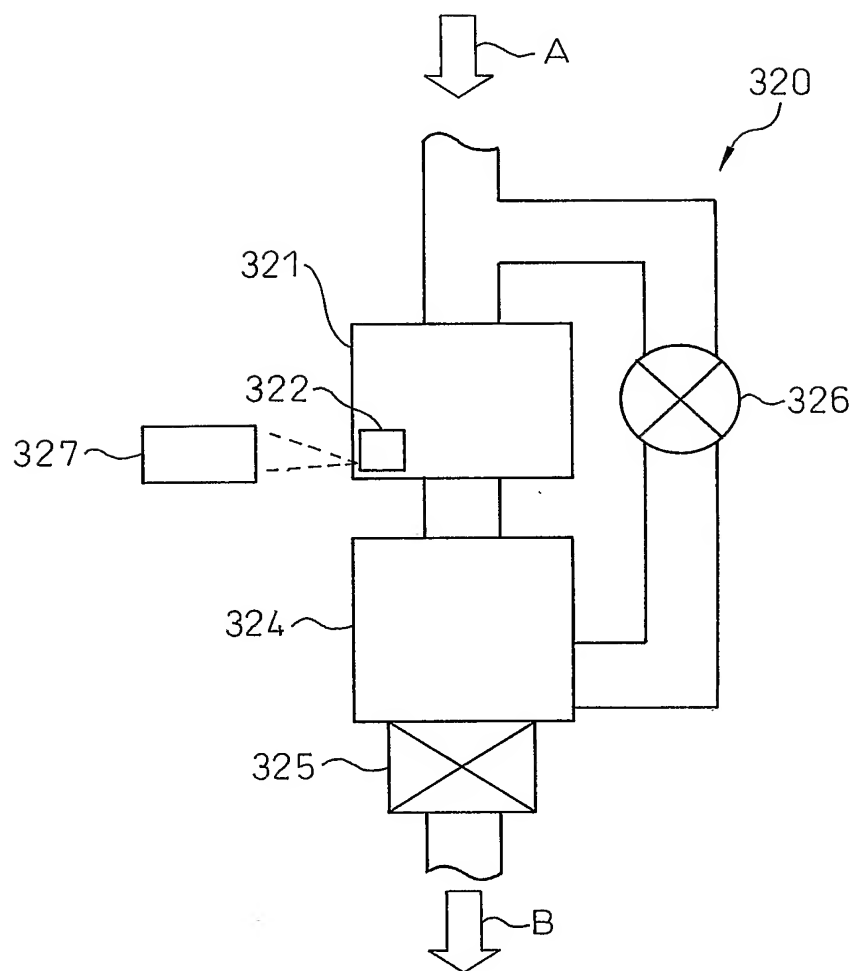


FIG. 21

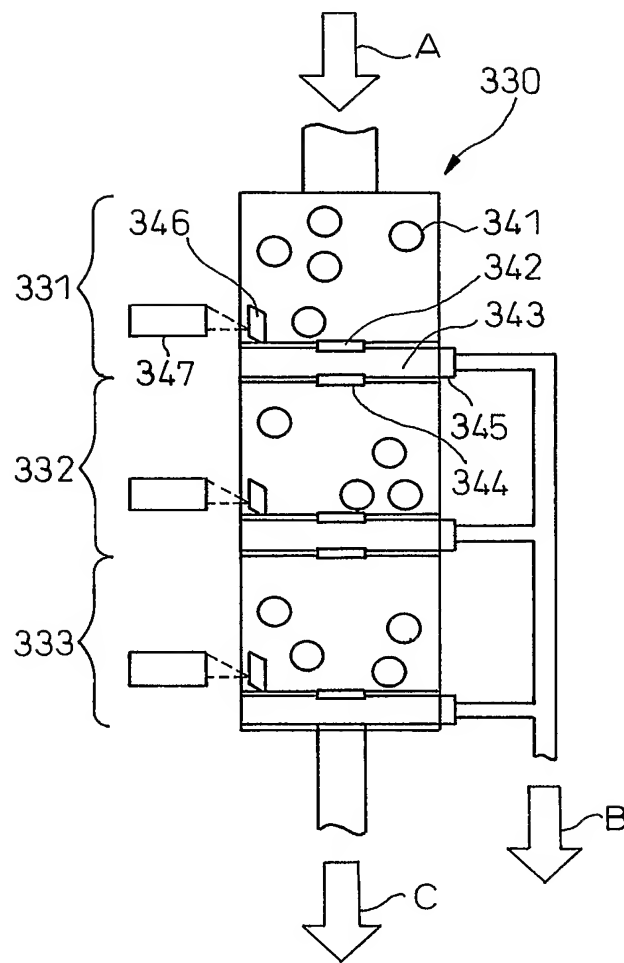


FIG. 22

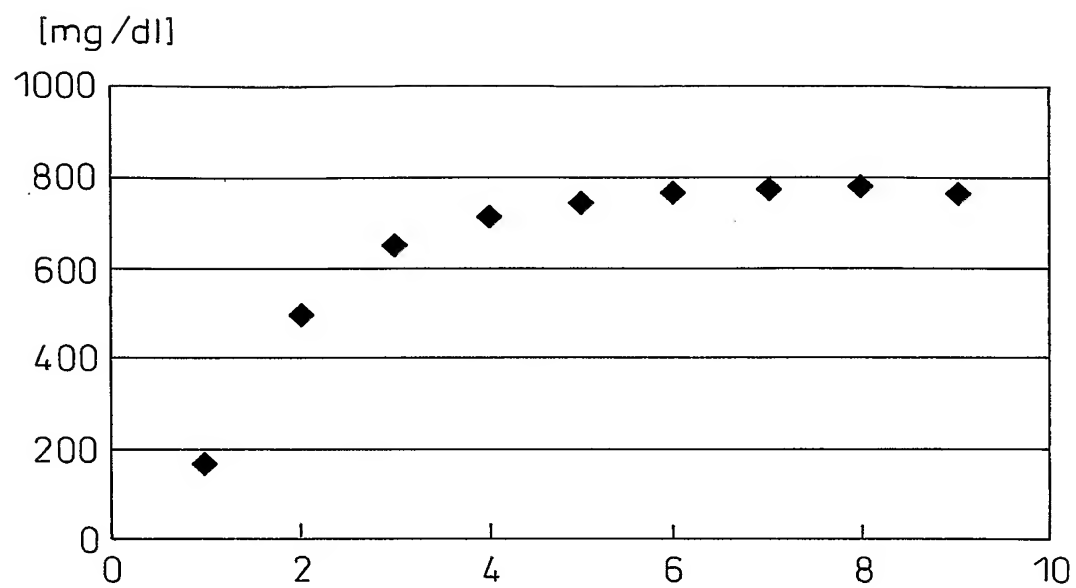


FIG. 23

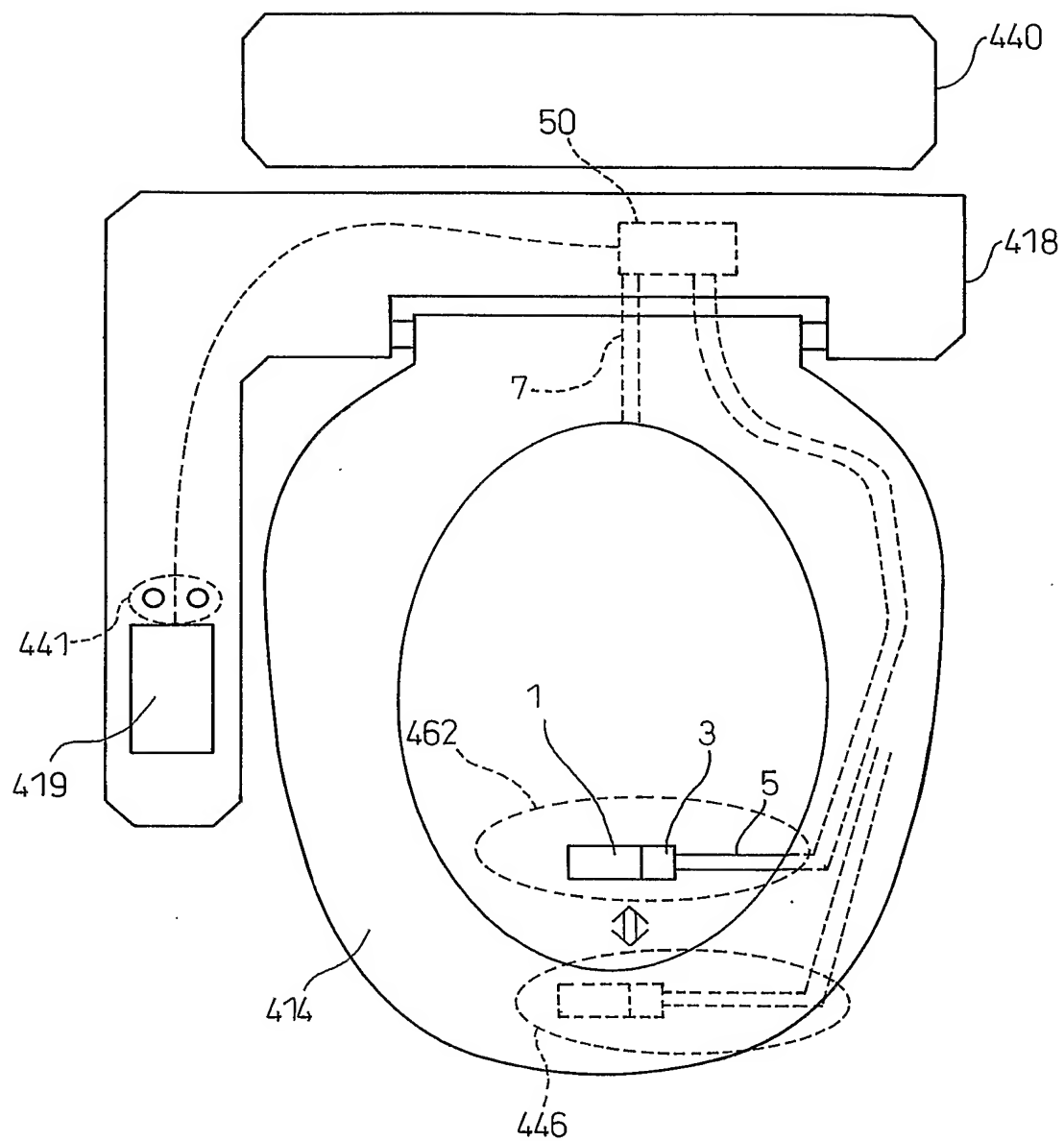


FIG.24

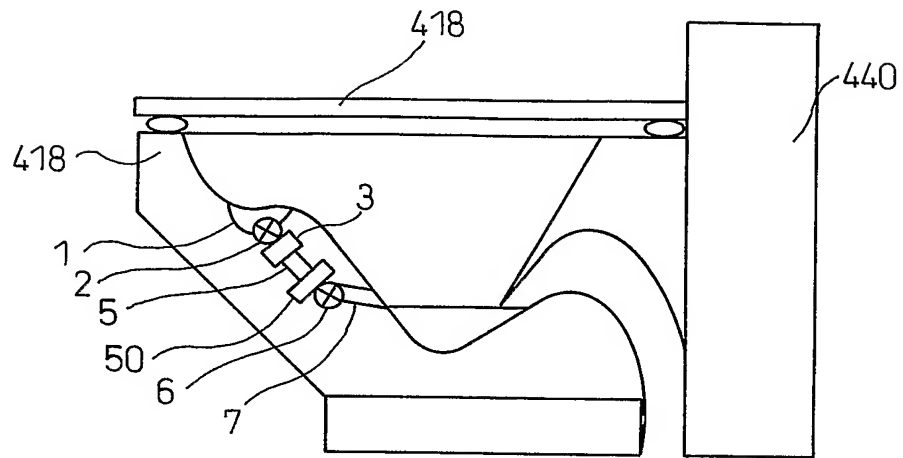
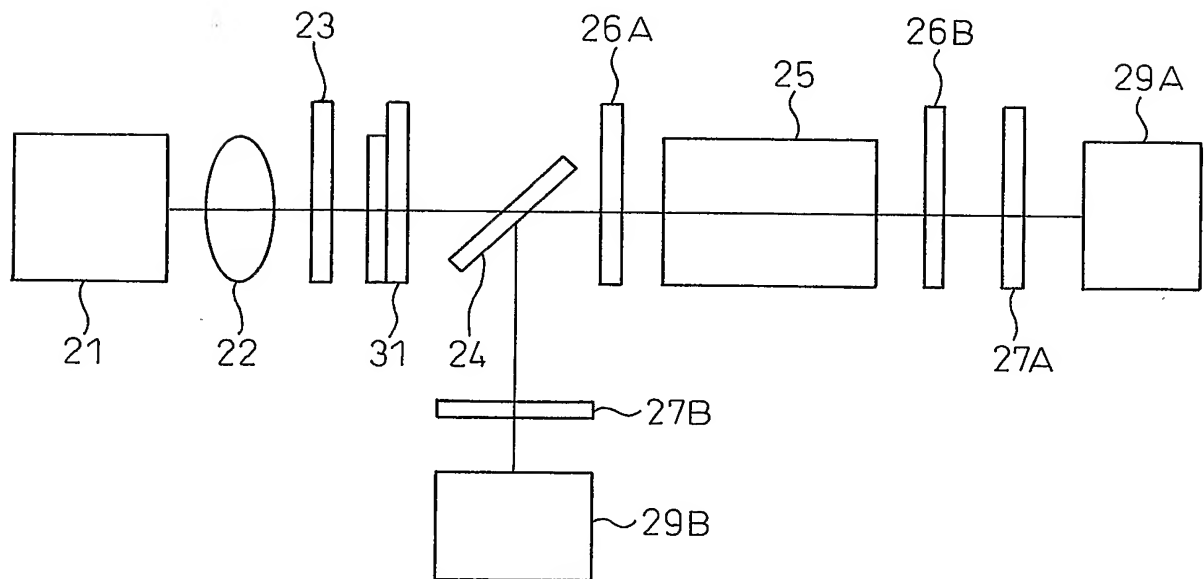


FIG.25



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006564

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> G01N33/493, 21/21, 30/00, 30/26, 30/48, 30/50, 30/74, 30/88

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> G01N33/493, 21/21, 30/00, 30/26, 30/48, 30/50, 30/74, 30/88

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2005 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2005 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2005 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category*         | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages          | Relevant to claim No.   |
|-------------------|---|---|
| X/<br>Y/<br><br>A | JP 9-80037 A (Hitachi, Ltd.),<br>28 March, 1997 (28.03.97),<br>& EP 763734 A & US 5827426 A | 1-3, 5, 7-10/<br>4, 6, 11, 12,<br>15, 16, 18, 19,<br>22/<br>13, 14, 17, 20,<br>21 |
| Y                 | JP 2001-141709 A (Nikkiso Co., Ltd.),<br>25 May, 2001 (25.05.01),<br>(Family: none)         | 4, 6  |
| Y                 | JP 57-127848 A (Shimadzu Corp.),<br>09 August, 1982 (09.08.82),<br>(Family: none)           | 10, 11  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 May, 2005 (06.05.05)

Date of mailing of the international search report

24 May, 2005 (24.05.05)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/006564

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y         | JP 2002-98628 A (Toto Ltd.),<br>05 April, 2002 (05.04.02),<br>(Family: none)       | 15, 16, 18, 22        |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> G01N33/493, 21/21, 30/00, 30/26, 30/48, 30/50, 30/74, 30/88

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> G01N33/493, 21/21, 30/00, 30/26, 30/48, 30/50, 30/74, 30/88

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2005年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2005年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2005年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー*   | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                      | 関連する<br>請求の範囲の番号  |
|-------------------|--|---|
| X/<br>Y/<br><br>A | JP 9- 80037 A (株式会社日立製作所) 1997. 03. 28<br>& EP 763734 A & US 5827426 A | 1-3, 5, 7-10/<br>4, 6, 11, 12,<br>15, 16, 18, 19,<br>22/<br>13, 14, 17, 20,<br>21 |
| Y                 | JP 2001-141709 A (日機装株式会社) 2001. 05. 25<br>(ファミリーなし)                   | 4, 6  |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06. 05. 2005

国際調査報告の発送日

24. 5. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮澤 浩

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

2 J

9407

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |   |                  |
|-----------------------|---|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| Y                     | JP 57-127848 A(株式会社島津製作所)1982. 08. 09<br>(ファミリーなし)  | 10, 11           |
| Y                     | JP 2002- 98628 A(東陶機器株式会社)2002. 04. 05<br>(ファミリーなし) | 15, 16, 18, 22   |